

4

日 本 国 特 許 庁

PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

5299/5928

27.10.99 #3
Priority

REC'D 20 DEC 1999
WIPO PCT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application:

1998年10月28日

出 願 番 号
Application Number:

平成10年特許願第306862号

出 願 人
Applicant (s):

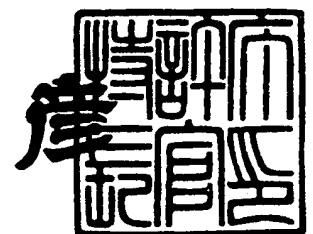
株式会社ニコン

PRIORITY
DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

1999年12月 3日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

近 藤 隆 彦



出証番号 出証特平11-3083737

【書類名】 特許願

【整理番号】 98-01022

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 21/027

【発明の名称】 露光装置及び位置決め装置

【請求項の数】 10

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社 ニコ
 ン内

 【氏名】 高橋 正人

【特許出願人】

 【識別番号】 000004112

 【氏名又は名称】 株式会社 ニコン

【代理人】

 【識別番号】 100102901

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 立石 篤司

 【電話番号】 03-3354-4251

【代理人】

 【識別番号】 100099793

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 川北 喜十郎

 【電話番号】 03-5362-3180

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 053132

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

 【物件名】 明細書 1

 【物件名】 図面 1

【物件名】	要約書	1
【プルーフの要否】	要	

【書類名】 明細書

【発明の名称】 露光装置及び位置決め装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 パターンを投影光学系を介して基板ステージに保持された基板に転写する露光装置であって、

前記投影光学系を保持する保持部と；

前記基板ステージを駆動する基板駆動機構と；

前記保持部とは振動に関して独立しており、前記基板ステージの駆動により生じる反力が伝達される第 1 のフレームと；

前記第 1 のフレームに設けられ、前記反力に起因する前記第 1 のフレームの振動を減衰させる減衰部材とを備える露光装置。

【請求項 2】 マスクステージに保持されたマスクのパターンを投影光学系を介して基板に転写する露光装置であって、

前記投影光学系を保持する保持部と；

前記マスクステージを駆動するマスク駆動機構と；

前記保持部とは振動に関して独立しており、前記マスクステージの駆動により生じる反力が伝達されるフレームと；

前記フレームに設けられ、前記反力に起因する前記フレームの振動を減衰させる減衰部材とを備える露光装置。

【請求項 3】 前記基板駆動機構は、前記第 1 のフレームに設けられた固定子と、該固定子との間の電磁氣的相互作用によって前記基板ステージとともに駆動される可動子とを有することを特徴とする請求項 1 に記載の露光装置。

【請求項 4】 前記基板ステージを移動可能に支持するステージベースを有し、

前記ステージベースは、前記第 1 のフレームに支持されていることを特徴とする請求項 1 に記載の露光装置。

【請求項 5】 前記基板ステージは、第 1 方向に移動する第 1 ステージと、前記第 1 ステージ上を基板を保持して前記第 1 方向に直交する第 2 方向に移動する第 2 ステージとを有し、

前記第 1 ステージの駆動によって生じる反力が前記第 1 のフレームに伝達され

、
前記第 2 ステージの駆動によって生じる反力が前記第 1 ステージを介して伝達される第 2 のフレームと、

前記第 2 のフレームを前記第 1 方向に駆動するリニアアクチュエータと、

前記第 1 ステージと前記第 2 フレームとが一体的に前記第 1 方向に移動するように、前記基板駆動機構及び前記リニアアクチュエータを制御する第 1 の制御装置とを更に備えることを特徴とする請求項 1 に記載の露光装置。

【請求項 6】 前記第 2 のフレームに設けられ、前記第 2 ステージの駆動によって生じる反力に起因する前記第 2 のフレームの振動を減衰させる減衰部材を更に備えることを特徴とする請求項 5 に記載の露光装置。

【請求項 7】 前記減衰部材は、その振動減衰の対象である前記フレームの最大歪みが生じる位置に取り付けられていることを特徴とする請求項 1～6 のいずれか一項に記載の露光装置。

【請求項 8】 前記減衰部材は、電気的エネルギーの印加により力学的な歪みを生じる電気-機械変換素子であり、

前記減衰部材による減衰対象の振動の要因となるステージの駆動によって生じる反力に応じて前記電気-機械変換素子を制御する第 2 の制御装置を更に備えることを特徴とする請求項 1～7 のいずれか一項に記載の露光装置。

【請求項 9】 試料の位置決めをする位置決め装置であって、

前記試料を保持する試料ステージと；

前記試料ステージを駆動するステージ駆動機構と；

前記ステージ駆動機構の少なくとも一部が接続され、前記試料ステージの駆動により生じる反力が伝達される伝達部材と；

前記伝達部材に設けられ、前記反力に起因する前記伝達部材の振動を減衰させる減衰部材とを備えることを特徴とする位置決め装置。

【請求項 10】 前記ステージ駆動機構は、前記伝達部材に設けられた固定子と、該固定子との間の電磁氣的相互作用によって前記試料ステージとともに駆動される可動子とを有することを特徴とする請求項 9 に記載の位置決め装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、露光装置及び位置決め装置に係り、さらに詳しくは、半導体集積回路や液晶ディスプレイ等の半導体デバイスを製造する際にリソグラフィ工程で用いられる露光装置、及びこの露光装置等の精密機械に好適な位置決め装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

従来より、半導体デバイスの製造工程の1つであるリソグラフィ工程においては、マスク又はレチクル（以下、「レチクル」と総称する）に形成された回路パターンをレジスト（感光剤）が塗布されたウエハ又はガラスプレート等の基板上に転写する種々の露光装置が用いられている。

【0003】

例えば、半導体素子用の露光装置としては、近年における集積回路の高集積化に伴うパターンの最小線幅（デバイスルール）の微細化に応じて、レチクルのパターンを投影光学系を用いてウエハ上に縮小転写する縮小投影露光装置が主として用いられている。

【0004】

この縮小投影露光装置には、レチクルのパターンをウエハ上の複数のショット領域に順次転写するステップ・アンド・リピート方式の静止露光型の縮小投影露光装置（いわゆるステッパ）や、このステッパを改良したもので、特開平8-166043号公報等の開示されるようなレチクルとウエハを一次元方向に同期移動してレチクルパターンをウエハ上の各ショット領域に転写するステップ・アンド・スキャン方式の走査露光型の露光装置（いわゆるスキヤニング・ステッパ）が知られている。

【0005】

これらの縮小投影露光装置では、床面に先ず装置の基準になるベースプレートが設置され、その上に床振動を遮断するための防振台を介してレチクルステージ

、ウエハステージ及び投影光学系（投影レンズ）等を支持する本体コラムが載置されている。最近の縮小投影露光装置では、前記防振台として、内圧が制御可能なエアマウント、ボイスコイルモータ等のアクチュエータを備え、本体コラム（メインフレーム）に取り付けられた6個の加速度計の計測値に基づいて前記ボイスコイルモータ等を制御することにより前記本体コラムの振動を制振するアクティブ防振台が採用されている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

上記のステッパ等は、ウエハ上のあるショット領域に対する露光の後、他のショット領域に対して順次露光を繰り返すものであるから、ウエハステージ（ステッパの場合）、あるいはレチクルステージ及びウエハステージ（スキヤニング・ステッパの場合）の加速、減速運動によって生じる反力が本体コラムの振動要因となって、投影光学系とウエハ等との相対位置誤差を生じさせるという不都合があった。

【0007】

アライメント時及び露光時における上記相対位置誤差は、結果的にウエハ上で設計値と異なる位置にパターンが転写されたり、その位置誤差に振動成分を含む場合には像ボケ（パターン線幅の増大）を招いたりする原因となるという不都合があった。

【0008】

従って、かかる不都合を抑制するためには、上記のアクティブ防振台等により本体コラムの振動を十分に減衰させる必要があり、例えばステッパの場合には、ウエハステージが所望の位置に位置決めされ十分に整定されるのを待ってアライメント動作や露光動作を開始する必要があり、また、スキヤニング・ステッパの場合には、レチクルステージとウエハステージとの同期整定を十分に確保した状態で露光を行う必要があった。このため、スループット（生産性）を悪化させる要因となっていた。

【0009】

このような不都合を改善するものとして、例えば特開平8-166475号公

報等に記載されるウエハステージの移動により発生する反力をフレーム部材を用いて機械的に床（大地）に逃がす発明や、例えば特開平 8-330224 号公報等に記載されレチクルステージの移動により発生する反力をフレーム部材を用いて機械的に床（大地）に逃がす発明が知られている。

【0010】

しかしながら、近年におけるウエハの大型化に伴い、ウエハステージが大型化し、上記特開平 8-166475 号公報や特開平 8-330224 号公報等に記載の発明を用いてもスループットをある程度確保しつつ高精度な露光を行うことは困難となりつつある。すなわち、フレーム部材を伝わって床側に逃げる反力に起因してフレーム部材自身が振動し、この振動が逆にステージの位置制御性を悪化させる要因となったり、床に逃げた反力が、防振台等を介して投影光学系を保持する本体コラム（メインボディ）に伝わってこれを加振する可能性が生じてきたのである。

【0011】

デバイスルールは、将来的にさらに微細化し、また、ウエハ及びレチクルが大型化するため、ステージ駆動に伴う振動が従来にも増してより大きな問題となることは確実である。従って、装置各部の振動が露光精度に与える悪影響をより効果的に抑制するための新技術の開発が急務となっている。同様の課題は、露光装置以外の精密機械にも存在する。

【0012】

本発明は、かかる事情の下になされたもので、その第 1 の目的は、装置各部の振動が露光精度に与える影響を軽減して、露光精度を向上することができるとともにスループットを向上することができる露光装置を提供することにある。

【0013】

また、本発明の第 2 の目的は、ステージの駆動によって生じる反力の影響を軽減してステージの位置決め性能を向上させることができる位置決め装置を提供することにある。

【0014】

【課題を解決するための手段】

本発明に係る第1の露光装置は、パターンを投影光学系（P L）を介して基板ステージ（W S T）に保持された基板（W）に転写する露光装置であって、前記投影光学系を保持する保持部（14）と；前記基板ステージを駆動する基板駆動機構（72）と；前記保持部とは振動に関して独立しており、前記基板ステージの駆動により生じる反力が伝達される第1のフレーム（84 A、84 B又は84 C、84 D、84 E、84 F）と；前記第1のフレームに設けられ、前記反力に起因する前記第1のフレームの振動を減衰させる減衰部材（85）とを備える。

【0015】

これによれば、基板ステージが基板駆動機構により駆動されると、この基板ステージの駆動により生じる反力が第1のフレームに伝達され、該反力に起因して第1のフレームが振動する。しかし、第1のフレームと投影光学系を保持する保持部とは振動に関して独立しているので、上記反力やこれに起因する第1フレームの振動によって投影光学系は直接的な影響を殆ど受けない。一方、第1のフレームの振動（及びこの要因となる反力）は、減衰部材によって減衰された状態で大地（設置床）に伝達されるので、大地から保持部への振動（力）の伝達を効果的に低減できる。従って、基板ステージの移動時（駆動時）の反力が保持部に保持された投影光学系の振動要因となることがない。従って、投影光学系の振動に起因するパターン転写位置ずれや像ボケ等の発生を効果的に防止して露光精度の向上を図ることができるとともに、基板ステージのより高速化、大型化が可能であるためスループットの向上をも図ることができる。

【0016】

本発明に係る第2の露光装置は、マスクステージ（R S T）に保持されたマスク（R）のパターンを投影光学系（P L）を介して基板（W）に転写する露光装置であって、前記投影光学系を保持する保持部（14）と；前記マスクステージを駆動するマスク駆動機構（145）と；前記保持部とは振動に関して独立しており、前記マスクステージの駆動により生じる反力が伝達されるフレーム（130）と；前記フレームに設けられ、前記反力に起因する前記フレームの振動を減衰させる減衰部材（142、144、146、148）とを備える。

【0017】

これによれば、マスクステージがマスク駆動機構により駆動されると、このマスクステージの駆動により生じる反力がフレームに伝達され、該反力に起因してフレームが振動する。しかし、フレームと投影光学系を保持する保持部とは振動に関して独立しているので、上記反力やこれに起因するフレームの振動によって投影光学系は直接的な影響を殆ど受けない。一方、フレームの振動（及びこの要因となる反力）は、減衰部材によって減衰された状態で大地（設置床）に伝達されるので、大地から保持部への振動（力）の伝達を効果的に低減することができる。従って、マスクステージの移動時（駆動時）の反力が保持部に保持された投影光学系の振動要因となることがない。従って、投影光学系の振動に起因するパターン転写位置ずれや像ボケ等の発生を効果的に防止して露光精度の向上を図ることができるとともに、マスクステージのより高速化、大型化が可能であるためスループットの向上をも図ることができる。

【0018】

上記本発明に係る第1の露光装置において、前記基板駆動機構は、前記第1のフレームに設けられた固定子と、該固定子との間の電磁氣的相互作用によって前記基板ステージとともに駆動される可動子とを有していても良い。かかる場合には、可動子が基板ステージとともに固定子に対して相対駆動され、その駆動力の反力を固定子が受け、第1のフレームを振動させる要因となるが、この振動は減衰部材によって減衰されるので、この振動によって基板ステージの位置制御性能が悪化するのを防止することができる。また、固定子は保持部と振動に関して独立した第1のフレームに設けられているので、上記反力やこれに起因する第1のフレームの振動によって投影光学系は殆ど影響を受けることがなく、第1のフレームの振動は減衰部材によって減衰された状態で大地（設置床）に伝達されるので、大地から保持部への振動（力）の伝達を効果的に低減することができる。

【0019】

また、上記本発明に係る第1の露光装置において、前記基板ステージ（WST）を移動可能に支持するステージベース（16）を有する場合に、該ステージベースは、前記第1のフレームに支持されていても良い。かかる場合には、基板ステージが、駆動機構によって駆動されると、その駆動によって生じる反力をステ

ージベースが受け、これを支持する第1のフレームが振動するが、この振動は減衰部材によって減衰されるので、この振動が基板ステージの位置制御性に与える影響を低減することができる。また、ステージベースは保持部と振動に関して独立した第1のフレームに支持されているので、上記反力やこれに起因する第1のフレームの振動によって投影光学系は殆ど影響を受けることがなく、第1のフレームの振動は減衰部材によって減衰された状態で大地（設置床）に伝達されるので、大地から保持部への振動（力）の伝達を効果的に低減することができる。

【0020】

本発明に係る位置決め装置は、試料（W）の位置決めをする位置決め装置であって、前記試料を保持する試料ステージ（WST）と；前記試料ステージを駆動するステージ駆動機構（72）と；前記ステージ駆動機構の少なくとも一部が接続され、前記試料ステージの駆動により生じる反力が伝達される伝達部材（84A、84B）と；前記伝達部材に設けられ、前記反力に起因する前記伝達部材の振動を減衰させる減衰部材（85）とを備えることを特徴とする。

【0021】

これによれば、ステージ駆動機構によって試料ステージが駆動されると、その駆動によって生じる反力が伝達部材に伝達され、該伝達部材が振動するが、この振動は減衰部材によって減衰される。このため、伝達部材の振動に起因してステージ駆動機構に生じる振動を抑制することができ、これにより試料ステージの位置決め性能を向上させることができる。伝達部材の振動が抑制される結果、この伝達部材を介して床側に伝達される力が小さくなり、この力が床面を介して周囲に与える影響も軽減することができる。

【0022】

この場合において、前記ステージ駆動機構は、前記伝達部材に設けられた固定子と、該固定子との間の電磁氣的相互作用によって前記試料ステージとともに駆動される可動子とを有していても良い。

【0023】

【発明の実施の形態】

《第1の実施形態》

以下、本発明の第1の実施形態を図1～図5に基づいて説明する。図1には、第1の実施形態の露光装置10の全体構成が概略的に示されている。この露光装置10は、マスクとしてのレチクルRと基板（及び試料）としてのウエハWとを一次元方向（ここではY軸方向とする）に同期移動しつつ、レチクルRに形成された回路パターンを投影光学系PLを介してウエハW上の各ショット領域に転写する、ステップ・アンド・スキャン方式の走査型露光装置、すなわちいわゆるスキャニング・ステッパである。

【0024】

露光装置10は、光源12、この光源12からの照明光によりレチクルRを照明する照明光学系IOP、レチクルRを保持するマスクステージとしてのレチクルステージRST、レチクルRから射出される照明光（パルス紫外光）をウエハW上に投射する投影光学系PL、ウエハWを保持する基板ステージ（及び試料ステージ）としてのウエハステージWST及び該ウエハステージWSTを支持するステージ定盤16等を含む位置決め装置としてのステージ装置11、投影光学系PL及びレチクルステージRSTを保持する保持部材としての本体コラム14、本体コラム14及びステージ定盤16等の振動を抑制あるいは除去する防振システム、及びこれらの制御系等を備えている。

【0025】

前記光源12としては、ここでは波長192～194nmの間で酸素の吸収帯を避けるように狭帯化されたArFエキシマレーザ光を出力するArFエキシマレーザ光源が用いられており、この光源12の本体は、防振台18を介して半導体製造工場のクリーンルーム内の床面FD上に設置されている。光源12には、光源制御装置13（図1では図示せず、図3参照）が併設されており、この光源制御装置13では、後述する主制御装置50（図1では図示せず、図3参照）からの指示に応じて、射出されるパルス紫外光の発振中心波長の制御、パルス発振のトリガ制御、レーザチャンバ内のガスの制御等を行うようになっている。

【0026】

なお、光源12をクリーンルームよりクリーン度が低い別の部屋（サービスルーム）に設置しても構わない。

【0027】

光源12は遮光性のベローズ20及びパイプ22を介してビームマッチングユニットBMUの一端（入射端）に接続されており、このビームマッチングユニットBMUの他端（出射端）は、パイプ24を介して照明光学系IOPに接続されている。

【0028】

前記ビームマッチングユニットBMU内には、複数の可動反射鏡（図示省略）が設けられており、主制御装置50ではこれらの可動反射鏡を用いて光源12からベローズ20及びパイプ22を介して入射する狭帯化されたパルス紫外光（ArFエキシマレーザ光）の光路を次に述べる第1部分照明光学系IOP1との間で位置的にマッチングさせている。

【0029】

前記照明光学系IOPは、第1部分照明光学系IOP1と第2部分照明光学系IOP2との2部分から構成されている。これら第1、第2部分照明光学系IOP1、IOP2は、内部を外気に対して気密状態にする照明系ハウジング26A、26Bをそれぞれ備えている。これらの照明系ハウジング26A、26B内には、空気（酸素）の含有濃度を数%以下、望ましくは1%未満にしたクリーンな乾燥窒素ガス（N₂）やヘリウムガス（He）が充填されている。

【0030】

一方の照明系ハウジング26A内には、可変減光器28A、ビーム整形光学系28B、第1フライアイレンズ系28C、振動ミラー28D、集光レンズ系28E、ミラー28F、第2フライアイレンズ系28G、照明系開口絞り板28H、ビームスプリッタ28J、第1リレーレンズ28K及びレチクルブラインド機構28M等が所定の位置関係で収納されている。また、他方の照明系ハウジング26B内には、第2リレーレンズ28N、ミラー28Q、及び主コンデンサーレンズ系28R等が所定の位置関係で収納されている。

【0031】

ここで、照明系ハウジング26A、26B内の上記構成各部について説明する。可変減光器28Aは、パルス紫外光のパルス毎の平均エネルギーを調整するた

めのもので、例えば減光率が異なる複数の光学フィルタを切り換え可能に構成して減光率を段階的に変更するものや、透過率が連続的に変化する2枚の光学フィルタの重なり具合を調整することにより減光率を連続的に可変にするものが用いられる。この可変減光器28Aを構成する光学フィルタは、主制御装置50の管理下にある後述する照明制御装置30（図1では図示せず、図3参照）によって制御されるモータを含む駆動機構29によって駆動される。

【0032】

ビーム整形光学系28Bは、可変減光器28Aによって所定のピーク強度に調整されたパルス紫外光の断面形状を該パルス紫外光の光路後方に設けられた後述するダブルフライアイレンズ系の入射端を構成する第1フライアイレンズ系28Cの入射端の全体形状と相似になるように整形して該第1フライアイレンズ系28Cに効率よく入射させるもので、例えばシリンダレンズやビームエキスパンダ（いずれも図示省略）等で構成される。

【0033】

前記ダブルフライアイレンズ系は、照明光の強度分布を一様化するためのもので、ビーム整形光学系28B後方のパルス紫外光の光路上に順次配置された第1フライアイレンズ系28Cと、集光レンズ28Eと、第2フライアイレンズ系28Gとから構成される。この場合、第1フライアイレンズ系28Cと集光レンズ28Eとの間には、被照射面（レチクル面又はウエハ面）に生じる干渉縞や微弱なスペックルを平滑化するための振動ミラー28Dが配置されている。この振動ミラー28Dの振動（偏向角）は不図示の駆動系を介して主制御装置50の管理下にある照明制御装置30によって制御されるようになっている。

【0034】

前記第2フライアイレンズ系28Gの射出面の近傍に、円板状部材から成る照明系開口絞り板28Hが配置されている。この照明系開口絞り板28Hには、ほぼ等角度間隔で、例えば通常の円形開口より成る開口絞り、小さな円形開口より成りコヒーレンスファクタである σ 値を小さくするための開口絞り、輪帯照明用の輪帯状の開口絞り、及び変形光源法用に例えば4つの開口を偏心させて配置して成る変形開口絞り等が配置されている。

【0035】

照明系開口絞り板 28 H 後方のパルス紫外光の光路上に、反射率が大きく透過率が小さなビームスプリッタ 28 J が配置され、更にこの後方の光路上に、第 1 リレーレンズ 28 K、レチクルブラインド機構 28 M が順次配置されている。

【0036】

レチクルブラインド機構 28 M は、レチクル R のパターン面に対する共役面から僅かにデフォーカスした面に配置され、レチクル R 上の照明領域を規定する所定形状の開口部が形成された固定レチクルブラインドと、この固定レチクルブラインドの近傍の位置に配置され、走査方向の位置及び幅が可変の開口部を有する可動レチクルブラインドとを含んで構成されている。固定レチクルブラインドの開口部は、投影光学系 P L の円形視野内の中央で走査露光時のレチクル R の移動方向（Y 軸方向）と直交した X 軸方向に直線的に伸びたスリット状又は矩形状に形成されているものとする。

【0037】

この場合、走査露光の開始時及び終了時に可動レチクルブラインドを介して照明領域を更に制限することによって、不要な部分の露光が防止されるようになっている。この可動レチクルブラインドは、不図示の駆動系を介して主制御装置 50 によって制御される。

【0038】

前記照明系ハウジング 26 B 内に収納された第 2 リレーレンズ 28 N は、第 1 リレーレンズ 28 K とともにリレー光学系を構成するもので、この第 2 リレーレンズ 28 N の後方のパルス紫外光の光路上には、第 2 リレーレンズ 28 N を通過したパルス紫外光をレチクル R に向けて反射するミラー 28 Q が配置され、このミラー 28 Q 後方のパルス紫外光の光路上に主コンデンサーレンズ系 28 R が配置されている。

【0039】

以上の構成において、第 1 フライアイレンズ系 28 C の入射面、第 2 フライアイレンズ系 28 G の入射面、レチクルブラインド機構 28 M の可動レチクルブラインドの配置面、レチクル R のパターン面は、光学的に互いに共役に設定され、

第1フライアイレンズ系28Cの射出面側に形成される光源面、第2フライアイレンズ系28Gの射出面側に形成される光源面、投影光学系PLのフーリエ変換面（射出瞳面）は光学的に互いに共役を設定され、ケーラー照明系となっている。

【 0 0 4 0 】

このようにして構成された照明光学系 I O P、すなわち第 1 部分照明光学系 I O P 1、第 2 部分照明光学系 I O P 2 の作用を簡単に説明すると、光源 1 2 からのパルス紫外光がビームマッチングユニット B M U を介して第 1 部分照明光学系 I O P 1 内に入射すると、このパルス紫外光は可変減光器 2 8 A により所定のピーク強度に調整された後、ビーム整形光学系 2 8 B に入射する。そして、このパルス紫外光は、ビーム整形光学系 2 8 B で後方の第 1 フライアイレンズ系 2 8 C に効率よく入射するようにその断面形状が整形される。次いで、このパルス紫外光がミラー 2 8 F を介して第 1 フライアイレンズ系 2 8 C に入射すると、第 1 フライアイレンズ系 2 8 C の射出端側に多数の 2 次光源が形成される。これらの多数の 2 次光源（点光源）の各々から発散するパルス紫外光は、光源 1 2 の可干渉性によるスペックルを低減させる振動ミラー 2 8 D、集光レンズ系 2 8 E を介して第 2 フライアイレンズ系 2 8 G に入射する。これにより、第 2 フライアイレンズ系 2 8 G の射出端に多数の微少な光源像を所定形状の領域内に一様分布させた個々の光源像から成る多数の 3 次光源が形成される。この多数の 3 次光源から射出されたパルス紫外光は、照明系開口絞り板 2 8 H 上のいずれかの開口絞りを通過後、反射率が大きく透過率が小さなビームスプリッタ 2 8 J に至る。

【0 0 4 1】

このビームスプリッタ 28 J で反射された露光光としてのパルス紫外光は、第 1 リレーレンズ 28 K によってレチクルブラインド機構 28 M を構成する固定レチクルブラインドの開口部を一様な強度分布で照明する。

【0 0 4 2】

こうして固定レチクルブラインドの開口部を通ったパルス紫外光は、可動レチクルブラインドを通過した後、第2リレーレンズ28Nを通過してミラー28Qによって光路が垂直下方に折り曲げられた後、主コンデンサーレンズ系28Rを

経て、レチクルステージRST上に保持されたレチクルR上の所定の照明領域（X軸方向に直線的に伸びたスリット状又は矩形状の照明領域）を均一な照度分布で照明する。ここで、レチクルRに照射される矩形スリット状の照明光は、図1中の投影光学系PLの円形投影視野の中央にX軸方向（非走査方向）に細長く延びるように設定され、その照明光のY軸方向（走査方向）の幅はほぼ一定に設定されている。

【0043】

さらに、第1部分照明光学系IOP1を構成する照明系ハウジング26A内には、集光レンズ32、光電変換素子よりなるインテグレータセンサ34、集光レンズ36及びインテグレータセンサ34と同様の光電変換素子（受光素子）から成る反射光モニタ38等も収納されている。ここで、これらインテグレータセンサ34等について説明すると、ビームスプリッタ28Jを透過したパルス紫外光は、集光レンズ32を介してインテグレータセンサ34に入射し、そこで光電変換される。そして、このインテグレータセンサ34の光電変換信号が、不図示のピークホールド回路及びA/D変換器を介して主制御装置50に供給される。インテグレータセンサ34としては、例えば遠紫外域で感度があり、且つ光源12のパルス発光を検出するために高い応答周波数を有するPIN型のフォトダイオード等が使用できる。このインテグレータセンサ46の出力と、ウエハWの表面上でのパルス紫外光の照度（露光量）との相関係数は予め求められて、主制御装置50内のメモリに記憶されている。

【0044】

前記集光レンズ36及び反射光モニタ38は、照明系ハウジング26A内のレチクルR側からの反射光の光路上に配置され、レチクルRのパターン面からの反射光は、主コンデンサーレンズ系28R、ミラー28Q、第2リレーレンズ28N、可動レチクルブラインド、固定レチクルブラインドの開口部、第1リレーレンズ28Kを経て、ビームスプリッタ28Jを透過し、集光レンズ36を介して反射光モニタ38に入射し、そこで光電変換される。この反射光モニタ38の光電変換信号が、不図示のピークホールド回路及びA/D変換器等を介して主制御装置50に供給される。この反射光モニタ38は、主として、レチクルRの透過

率測定の際に用いられる。

【0045】

なお、照明系ハウジング26A、26Bの支持構造等については、後述する。

【0046】

前記レチクルステージRSTは、後述する本体コラム14を構成する支持コラム40の上方に水平に固定されたレチクルベース定盤42上に配置されている。レチクルステージRSTは、レチクルRをレチクルベース定盤42上でY軸方向に大きなストロークで直線駆動するとともに、X軸方向と θz 方向（Z軸回りの回転方向）に関しても微小駆動が可能な構成となっている。

【0047】

これを更に詳述すると、レチクルステージRSTは、図4に示されるように、レチクルベース定盤42上を一对のYリニアモータ202A、202BによってY軸方向に所定ストロークで駆動されるレチクル粗動ステージ204と、このレチクル粗動ステージ204上を一对のXボイスコイルモータ206Xと一对のYボイスコイルモータ206YとによってX、Y、 θz 方向に微小駆動されるレチクル微動ステージ208とを含んで構成されている。

【0048】

前記一方のYリニアモータ202Aは、レチクルベース定盤42上に複数のエアベアリング（エアパッド）210によって浮上支持されY軸方向に延びる固定子212Aと、この固定子212Aに対応して設けられ、連結部材216Aを介してレチクル粗動ステージ204に固定された可動子214Aとから構成されている。他方のYリニアモータ202Bは、上記と同様に、複数のエアベアリング（図示省略）によってレチクルベース定盤42上に浮上支持されY軸方向に延びる固定子212Bと、この固定子212Bに対応して設けられ、連結部材216Bを介してレチクル粗動ステージ204に固定された可動子214Bとから構成されている。

【0049】

レチクル粗動ステージ204は、レチクルベース定盤42の中央部に形成された上部突出部42aの上面に固定されY軸方向に延びる一对のYガイド218A

、218BによってY軸方向に案内されるようになっている。また、レチクル粗動ステージ204は、これらのYガイド218A、218Bに対して不図示のエアベアリングによって非接触で支持されている。

【0050】

前記レチクル微動ステージ208には、その中央部に開口部が形成されており、この開口部内に不図示のバキュームチャックを介してレチクルRが吸着保持されるようになっている。

【0051】

この場合、レチクル粗動ステージ204が、レチクル微動ステージ208と一体で走査方向（Y軸方向）に移動する際には、レチクル粗動ステージ204に固定されたYリニアモータ202A、202Bの可動子214A、214Bと固定子212A、212Bとが相対的に逆方向に移動する。すなわち、レチクルステージRSTと固定子212A、212Bとが相対的に逆方向に移動する。レチクルステージRSTと固定子212A、212Bとレチクルベース定盤42との3者間の摩擦が零である場合には、運動量保存の法則が成立し、レチクルステージRSTの移動に伴う固定子212A、212Bの移動量は、レチクルステージRST全体（レチクル粗動ステージ204、連結部材216A、216B、可動子214A、214B、レチクル微動ステージ208、レチクルR等）と固定子全体（固定子212A、212B、エアベアリング210等）の重量比で決定される。このため、レチクルステージRSTの走査方向の加減速時の反力は固定子212A、212Bの移動によって吸収されるので、上記反力によってレチクルベース定盤42が振動するのを効果的に防止することができる。また、レチクルステージRSTと固定子212A、212Bとが相対的に逆方向に移動して、レチクルステージRST、レチクルベース定盤42等を含む系の全体の重心位置が所定の位置に維持されるので、重心位置の移動による偏荷重が発生しないようになっている。かかる詳細は、例えば、特開平8-63231号公報に記載されている。

【0052】

図1に戻り、前記レチクルステージRSTの一部には、その位置や移動量を計

測するための位置検出装置であるレチクルレーザ干渉計46からの測長ビームを反射する移動鏡48が取り付けられている。レチクルレーザ干渉計46は、支持コラム40の上端部に固定されている。

【0053】

これを更に詳述すると、図4に示されるように、レチクル微動ステージ208の-Y方向の端部には、コーナーキューブから成る一対のY移動鏡48y1、48y2が固定され、また、レチクル微動ステージ208の+X方向の端部には、Y軸方向に延びる平面ミラーから成るX移動鏡48xが固定されている。そして、これらの移動鏡48y1、48y2、48xに対して測長ビームを照射する3つのレーザ干渉計が実際には支持コラム40の上端部に固定されているが、図1においては、これらが代表的にレチクルレーザ干渉計46、移動鏡48として示されている。また、各レーザ干渉計に対応した固定鏡は、投影光学系PLの鏡筒の側面、あるいは各干渉計本体内に設けられている。そして、上記3つのレチクルレーザ干渉計によってレチクルステージRST（具体的にはレチクル微動ステージ208）のX、Y、 θ z方向の位置計測が投影光学系PL（又は本体コラムの一部）を基準としてそれぞれ行われるが、以下の説明においては、便宜上、レチクルレーザ干渉計46によって投影光学系PL（又は本体コラムの一部）を基準としてX、Y、 θ z方向位置計測が同時に個別に行われるものとする。また、以下においては、必要に応じて、上記のYリニアモータ202A、202B、一対のXボイスコイルモータ206Xと一対のYボイスコイルモータ206Yとによって、レチクルステージRSTをX、Y、 θ z方向に駆動する駆動ユニット44（図3参照）が構成されているものとして説明を行う。

【0054】

上記のレチクルレーザ干渉計46によって計測されるレチクルステージRST（即ちレチクルR）の位置情報（又は速度情報）は主制御装置50に送られる（図3参照）。主制御装置50は、基本的にはレチクルレーザ干渉計46から出力される位置情報（或いは速度情報）が指令値（目標位置、目標速度）と一致するように上記駆動ユニット44を構成するリニアモータ、ボイスコイルモータ等を制御する。

【0055】

図1に戻り、前記投影光学系PLとしては、ここでは、物体面（レチクルR）側と像面（ウエハW）側の両方がテレセントリックで円形の投影視野を有し、石英や螢石を光学硝材とした屈折光学素子（レンズ素子）のみから成る1/4（又は1/5）縮小倍率の屈折光学系が使用されている。このため、レチクルRにパルス紫外光が照射されると、レチクルR上の回路パターン領域のうちのパルス紫外光によって照明された部分からの結像光束が投影光学系PLに入射し、その回路パターンの部分倒立像がパルス紫外光の各パルス照射の度に投影光学系PLの像面側の円形視野の中央にスリット状または矩形状（多角形）に制限されて結像される。これにより、投影された回路パターンの部分倒立像は、投影光学系PLの結像面に配置されたウエハW上の複数のショット領域のうちの1つのショット領域表面のレジスト層に縮小転写される。

【0056】

なお、投影光学系PLを特開平3-282527号公報に開示されているように屈折光学素子と反射光学素子（凹面鏡やビームスプリッタ等）とを組み合わせたいわゆるカタディオプトリック系としてもよいことは勿論である。

【0057】

前記本体コラム14は、床面FDに水平に載置された装置の基準となる第1のベースプレートBP1上に設けられた3本の支柱54A～54C（但し、図1においては紙面奥側の支柱54Cは図示せず、図2参照）及びこれらの支柱54A～54Cの上部に固定された防振ユニット56A～56C（但し、図1においては紙面奥側の防振ユニット56Cは図示せず、図2参照）を介してほぼ水平に支持された鏡筒定盤58と、この鏡筒定盤58上に立設された前記支持コラム40とによって構成されている。本実施形態では、支持コラム40の上面に、第2部分照明光学系IOP2の照明系ハウジング26Bを支持する支持部材41A、41Bが固定されている。

【0058】

前記ベースプレートBP1としては、本実施形態では、平面視で一部に矩形の開口が形成された矩形状、すなわち矩形枠状のものが用いられている。

【0059】

図2には、図1の露光装置10の本体コラム14の一部を構成する鏡筒定盤58より下方の構成各部の図1の右側面図が一部断面して示されている。この図2に示されるように、前記防振ユニット56Bは、支柱54Bの上部に直列に配置された内圧が調整可能なエアマウント60とボイスコイルモータ62とを含んで構成されている。残りの防振ユニット56A、56Cも、同様に支柱54A、54Cの上部にそれぞれ直列に配置されたエアマウント60とボイスコイルモータ62とを含んで構成されている。防振ユニット56A～56Cによって、第1のベースプレートBP1及び支柱54A～54Cを介して鏡筒定盤58に伝わる床面FDからの微振動がマイクロGレベルで絶縁されるようになっている。

【0060】

前記鏡筒定盤58は鋳物等で構成されており、その中央部の開口58aの内部に投影光学系PLがその光軸AX方向をZ軸方向として上方から挿入されている。投影光学系PLの鏡筒部の外周部には、該鏡筒部に一体化されたフランジFLGが設けられている。このフランジFLGの素材としては、低熱膨張の材質、例えばインバー(Inver; ニッケル36%、マンガン0.25%、及び微量の炭素と他の元素を含む鉄からなる低膨張の合金)が用いられており、このフランジFLGは、投影光学系PLを鏡筒定盤58に対して点と面とV溝とを介して3点で支持するいわゆるキネマティック支持マウントを構成している。このようなキネマティック支持構造を採用すると、投影光学系PLの鏡筒定盤58に対する組み付けが容易で、しかも組み付け後の鏡筒定盤58及び投影光学系PLの振動、温度変化、姿勢変化等に起因する応力を最も効果的に軽減できるという利点がある。

【0061】

次に、ステージ装置及びその近傍の構成各部について、図1及び図2に基づいて説明する。

【0062】

ステージ装置11は、ウエハWを保持するウエハステージWST、このウエハステージWSTをXY2次元方向に駆動する基板駆動機構(及びステージ駆動機

構)としての駆動ユニット72(図1では図示せず、図3参照)、ウエハステージWSTを移動可能に支持するステージ定盤16等を備えている。

【0063】

これを更に詳述すると、ウエハステージWSTの底面には、図2に示されるように、複数のエアベアリング(エアパッド)64が固定されており、これらのエアベアリング64によってウエハステージWSTがステージ定盤16上に例えば数ミクロン程度のクリアランスを介して浮上支持されている。

【0064】

ステージ定盤16は、前述した第1のベースプレートBP1の矩形の開口部内に配置され床面FDに載置された第2のベースプレートBP2の上方に、アクティブなアクチュエータを含む3つの防振ユニット66A~66C(図1においては紙面奥側の防振ユニット66Cは図示せず、図2参照)を介してほぼ水平に保持されている。防振ユニット66Bは、図2に示されるように、エアマウント68とボイスコイルモータ70とを含んで構成されている。残りの防振ユニット66A、66Cも同様にエアマウント68とボイスコイルモータ70とによって構成されている。防振ユニット66A~66Cによって、第2のベースプレートBP2を介してステージ定盤16に伝わる床面FDからの微振動がマイクロGレベルで絶縁できるようになっている。

【0065】

前記ウエハステージWSTは、2組のリニアモータを含む駆動ユニット72(図1では図示せず、図3参照)によって、ステージ定盤16上をXY2次元方向に駆動されるようになっている。これを更に詳述すると、ウエハステージWSTのX軸方向駆動は、図1に示される一対のリニアモータ74A、74Bによって行われる。これらのリニアモータ74A、74Bの固定子は、ウエハステージWSTのY軸方向両外側にX軸方向に沿って延設されており、一対の連結部材76によって両端部相互間が連結され、矩形の枠体78(図2参照)が構成されている。リニアモータ74A、74Bの可動子は、ウエハステージWSTのY軸方向両側面に突設されている。

【0066】

また、枠体 7 8 を構成する一対の連結部材 7 6 又は前記リニアモータ 7 4 A、7 4 B の固定子の下端面には、図 2 に示されるように、電機子ユニット 8 0 A、8 0 B がそれぞれ設けられており、これらの電機子ユニット 8 0 A、8 0 B に対応して一対の磁石ユニット 8 2 A、8 2 B が Y 軸方向に延設されている。これらの磁石ユニット 8 2 A、8 2 B は、第 2 のベースプレート B P 2 の上面に Y 軸方向に延設された一対の第 1 のフレームとしてのリアクションフレーム 8 4 A、8 4 B の上面に固定されている。この場合、前記電機子ユニット 8 0 A と磁石ユニット 8 2 A とによってムービングコイル型のリニアモータ 8 6 A が構成されている。同様に前記電機子ユニット 8 0 B と磁石ユニット 8 2 B とによってムービングコイル型のリニアモータ 8 6 B が構成されている。そして、これらのリニアモータ 8 6 A、8 6 B によって枠体 7 8 と一体的にウエハステージ W S T が Y 軸方向に駆動されるようになっている。

【 0 0 6 7 】

すなわち、本実施形態では、基板駆動機構としての駆動ユニット 7 2 を構成するリニアモータ 8 6 A、8 6 B が、リアクションフレーム 8 4 A、8 4 B の上面にそれぞれ設けられた固定子としての磁石ユニット 8 2 A、8 2 B と、該固定子 8 2 A、8 2 B との間の電磁氣的相互作用（具体的にはローレンツ電磁力）によってウエハステージ W S T とともに Y 軸方向に駆動される可動子としての電機子ユニット 8 0 A、8 0 B とを有している。

【 0 0 6 8 】

このようにして、2 組のリニアモータ 7 4 A、7 4 B、8 6 A、8 6 B を含む駆動ユニット 7 2 が構成され、この駆動ユニット 7 2 によってウエハステージ W S T が投影光学系 P L の像面と平行な X Y 平面に沿って 2 次元的に駆動されるようになっている。本実施形態では、駆動ユニット 7 2 はステージ定盤 1 6 の外部のリアクションフレーム 8 4 A、8 4 B によって独立して支持されているので、ウエハステージ W S T の X Y 平面内での加速時や減速時に発生する反力は、リアクションフレーム 8 4 A、8 4 B を介してベースプレート B P 2 に伝わり、ステージ定盤 1 6 には直接伝わらないようになっている。すなわち、本第 1 の実施形態では、ステージ定盤 1 6 とウエハステージ W S T とは振動に関して独立してい

る。

【0069】

しかしながら、先にも述べたように、ウエハステージWSTの加速時や減速時に発生する反力は、ウエハステージWSTが大型化したり、あるいは高加速度化、高速化するのに応じて大きくなり、その反力によってリアクションフレーム84A、84Bが振動して、その振動（及び力）がベースプレートBP2に伝わり、この振動が防振ユニット66A～66Cで減衰された後、ステージ定盤16に伝達されて該ステージ定盤16の振動要因となる可能性がある。例えば、走査露光時等にウエハステージWSTをY軸方向に駆動する際を考えると、上記のリアクションフレーム84A、84Bの振動は、ウエハステージの等速移動時の固定子82A、82Bの振動要因となる可能性がある。

【0070】

あるいは、リアクションフレーム84A、84Bの振動（及び力）がベースプレートBP2を介して設置床FDに伝わり、さらにベースプレートBP1を介して防振ユニット56A～56Cで減衰された後に鏡筒定盤58に伝達し、その伝達された振動（及び力）が鏡筒定盤58、更には投影光学系PL、位置検出装置であるレーザ干渉計90X、90Yの振動要因となる可能性を否定できない。

【0071】

そこで、本実施形態では、かかる点に鑑みて、図2に示されるように、リアクションフレーム84A、84Bに、前記反力に起因するリアクションフレーム84A、84Bの振動を減衰させる減衰部材85がそれぞれ複数個固定されている。この減衰部材85としては、ここでは圧電素子、例えばピエゾセラミック素子が用いられている。以下の説明においては、この減衰部材85を適宜「圧電素子85」と呼ぶ。これにより、圧電素子85によってリアクションフレーム84A、84Bの振動（及び力）が減衰され、該リアクションフレーム84A、84Bを介してベースプレートBP2に伝達される力及び該リアクションフレーム84A、84Bの振動に起因する固定子82A、82Bの振動を減衰させることができる。この結果、本実施形態では、ウエハステージWSTの位置決め性能（位置制御性能）を向上させることができるとともに、ウエハステージWSTの加減速

時に発生する反力が、ステージ定盤16、鏡筒定盤58、投影光学系PL、レーザ干渉計90X、90Y等の各部に与える影響を一層低減することができるようになっている。この場合、圧電素子85は、リアクションフレーム84A、84Bの振動によって最大歪み（最大撓み）が生じる位置に取り付けられている。これは、リアクションフレーム84A、84Bの振動を効果的に抑制するためである。

【0072】

ここで、各圧電素子85によるリアクションフレーム84A、84Bの振動減衰をより一層効果的に行うために、各圧電素子85の両端の電極（対向電極）をそれぞれ抵抗素子を介して接地（アース）しても良い。このようにすると、リアクションフレーム84A、84Bの振動に起因して圧電素子85（ある種の誘電体結晶）に力学的応力が作用し、圧電素子85に電気的分極が生じる（圧電効果）ので、上記抵抗素子を電流が流れることにより、振動による力学的エネルギーを熱エネルギーに積極的に変換することができる。なお、必ずしも抵抗素子を設けなくても振動による力学的エネルギーは最終的に熱エネルギーに変わる。

【0073】

前記ウエハステージWSTの上面に、ウエハホルダ88を介してウエハWが真空吸着等によって固定されている。ウエハステージWSTのXY位置は、図1及び図2に示されるように、投影光学系PLの鏡筒下端にそれぞれ固定された参照鏡Mr1、Mr2を基準としてウエハステージWSTの一部に固定された移動鏡Ms1、Ms2の位置変化を計測するレーザ干渉計90Y、90Xによって所定の分解能、例えば0.5～1nm程度の分解能でリアルタイムに計測される。これらのレーザ干渉計90X、90Yの計測値は、主制御装置50に供給されるようになっている（図3参照）。ここで、レーザ干渉計90Y、90Xの少なくとも一方は、測長軸を2軸以上有する多軸干渉計であり、従って、主制御装置では、レーザ干渉計90Y、90Xの計測値に基づいて、ウエハステージWSTのXY位置のみならず、 θ_z 回転量、あるいはこれらに加えレベリング量をも求めることができるようになっている。

【0074】

前記ステージ定盤16には、図1及び図2では図示が省略されているが、実際には、ステージ定盤16のZ方向の振動を計測する3つの振動センサ（例えば加速度計）とXY面内方向の振動を計測する3つの振動センサ（例えば加速度計）（例えばこの内の2つの振動センサは、ステージ定盤16のY方向の振動を計測し、残りの振動センサはX方向の振動を計測する）とが取り付けられている。以下においては、便宜上、これら6つの振動センサを総称して振動センサ群92と呼ぶものとする。この振動センサ群92の計測値は、主制御装置50に供給されるようになっている（図3参照）。従って、主制御装置50では振動センサ群92の計測値に基づいてステージ定盤16の6自由度方向（X、Y、Z、 θ_x 、 θ_y 、 θ_z 方向）の振動を求めることができる。

【0075】

また、本実施形態では、前述したように、特開平8-63231号公報に開示されるようないわゆるカウンタウエイト方式のレチクルステージが採用され、レチクルステージRST、固定子（212A、212B）及びレチクルベース定盤42の3者間の摩擦が零であれば、レチクルステージRSTの移動に伴う反力／偏荷重は理論的には零となる筈であるが、実際には摩擦力は零ではなく、また力の作用線等が異なる等の理由から零とはならない。

【0076】

このため、本体コラム14を構成する鏡筒定盤58には、図1及び図2では図示が省略されているが、実際には、本体コラム14のZ方向の振動を計測する3つの振動センサ（例えば加速度計）とXY面内方向の振動を計測する3つの振動センサ（例えば加速度計）（例えば、この内の2つの振動センサは、本体コラム14のY方向の振動を計測し、残りの振動センサは、本体コラム14のX方向の振動を計測する）とが取り付けられている。以下においては、便宜上、これら6つの振動センサを総称して振動センサ群96と呼ぶものとする。この振動センサ群96の計測値は、主制御装置50に供給されるようになっている（図3参照）。従って、主制御装置50では、振動センサ群96の計測値に基づいて本体コラム14の6自由度方向の振動を求めることができる。

【0077】

また、本実施形態では、前述の如く、ステージ定盤16と鏡筒定盤58とは互いに異なるベースプレートBP2、BP1によってそれぞれ支持されているため、ステージ定盤16と鏡筒定盤58との相対位置関係を確認する必要がある。

【0078】

そのため、図2に示されるように、ベースプレートBP1上に、鏡筒定盤58に固定されたターゲット97を介してベースプレートBP1に対する鏡筒定盤58の位置を計測する位置センサ98と、ステージ定盤16に固定されたターゲット93を介してベースプレートBP1に対するステージ定盤16の位置を計測する位置センサ94とが設けられている。

【0079】

前記ターゲット93としては、例えば、図5に示されるように、ステージ定盤16に基端が固定され、その先端部にX、Y、Z軸にそれぞれ垂直な反射面93a、93b、93cが形成されたL字部材が用いられる。この場合、位置センサ94として反射面93a、93b、93cに対してそれぞれ測長ビームRIX、RIY、RIZを照射するレーザ干渉計を用いることができる。本実施形態では、このようなターゲット93とレーザ干渉計94とを複数組み用いて、少なくとも位置基め定盤BP1を基準とするステージ定盤16のZ位置を2箇所、X位置を2箇所、Y位置を2箇所で計測するようになっているが、以下においては、便宜上、図2の位置センサ94によって、ベースプレートBP1とステージ定盤16との上記6つの相対位置が計測されるものとする。この位置センサ94の計測値は、主制御装置50に供給されるようになっている（図3参照）。

【0080】

位置センサ98も位置センサ94と同様に構成され、ベースプレートBP1を基準とする鏡筒定盤58のZ位置を2箇所、X位置を2箇所、Y位置を2箇所で計測するようになっているが、以下においては、便宜上、図2の位置センサ98によって、ベースプレートBP1と鏡筒定盤58との上記6つの相対位置が計測されるものとする。この位置センサ98の計測値も主制御装置50に供給されるようになっている（図3参照）。

【0081】

従って、主制御装置 50 では、位置センサ 94 の計測値に基づいてベースプレート BP1 とステージ定盤 16 との 6 自由度方向の相対位置を求めることができる。と同時に、位置センサ 98 の計測値に基づいてベースプレート BP1 と鏡筒定盤 58 との 6 自由度方向の相対位置を求めることができる。

【0082】

本実施形態では、ウエハステージ WST の駆動時の反力がそのままステージ定盤 16 に伝わることはなく、その反力がリアクションフレーム 84 A、84 B を介してベースプレート BP2 に伝わり、その際に、その反力は圧電素子 85 によって減衰されることは、前述した通りである。通常、この減衰後の反力は許容できるレベル以下となる。しかしながら、ウエハステージ WST の大型化、あるいは高加速度化、高速化した場合には、この反力の影響を無視できなくなる可能性もある。このような場合、減衰後の反力がベースプレート BP2 に伝わり、更に防振ユニット 66 A～66 C で更に減衰されてステージ定盤 16 に極く僅かに伝わり、ステージ定盤 16 を非常に僅かではあるが振動させる要因となる可能性がある。

【0083】

かかる場合であっても、主制御装置 50 では、振動センサ群 92 の計測値に基づいて求めたステージ定盤 16 の 6 自由度方向の振動を除去すべく、防振ユニット 66 A～66 C の速度制御を例えばフィードバック制御によって行い、ステージ定盤 16 の振動を確実に抑制することが可能である。また、主制御装置 50 では、位置センサ 94 の計測値に基づいてステージ定盤 16 のベースプレート BP1 に対する 6 自由度方向の相対位置を求め、この相対位置の情報を用いて防振ユニット 66 A～66 C を制御することにより、ステージ定盤 16 をベースプレート BP1 を基準として定常的に安定した位置に維持することができるようになっている。

【0084】

また、主制御装置 50 では、例えばレチクルステージ RST の移動時等には、振動センサ群 96 の計測値に基づいて求めた本体コラム 14 の 6 自由度方向の振動を除去すべく、防振ユニット 56 A～56 C の速度制御を例えばフィードバック

ク制御あるいはフィードバック制御及びフィードフォワード制御によって行い、本体コラム14の振動を効果的に抑制することが可能である。また、主制御装置50では、位置センサ98の計測値に基づいて本体コラム14のベースプレートBP1に対する6自由度方向の相対位置を求め、この相対位置の情報を用いて防振ユニット56A～56Cを制御することにより、鏡筒定盤58をベースプレートBP1を基準として定常的に安定した位置に維持することもできるようになっている。

【0085】

さらに、本実施形態では、図2に示されるように、投影光学系PLのフランジFLGの異なる3箇所に3つのレーザ干渉計102が固定されている（但し、図2においてはこれらのレーザ干渉計の内の1つが代表的に示されている）。

【0086】

これらの3つのレーザ干渉計102に対向する鏡筒定盤58の部分には、開口58bがそれぞれ形成されており、これらの開口58bを介してそれぞれのレーザ干渉計102からZ軸方向の測長ビームがステージ定盤16に向かって照射されている。ステージ定盤16の上面の各測長ビームの対向位置には、反射面がそれぞれ形成されている。このため、上記3つのレーザ干渉計102によってステージ定盤16の異なる3点のZ位置がフランジFLGを基準としてそれぞれ計測される。但し、図2においては、ウエハステージWST上のウエハWの中央のショット領域が投影光学系PLの光軸AXの直下にある状態が示されているため、測長ビームがウエハステージWSTで遮られた状態となっている。なお、ウエハステージWSTの上面に反射面を形成して、この反射面上の異なる3点のZ方向位置を投影光学系PL又はフランジFLGを基準として計測する干渉計を設けても良い。

【0087】

上記レーザ干渉計102の計測値も主制御装置50に供給されるようになっており（図3参照）、主制御装置50では、例えば、ウエハ周辺部の露光の際等に投影光学系PLとステージ定盤16との投影光学系PLの光軸AX方向及び光軸直交面に対する傾斜方向の3自由度方向（Z、 θ_x 、 θ_y ）の位置関係を求める

ことができる。

【0088】

図1に戻り、ベースプレートBP1上には、レチクルRをレチクルステージRSTに対して搬入及び搬出するレチクルローダ110と、ウエハWをウエハステージWSTに対して搬入及び搬出するウエハローダ112も搭載されている。レチクルローダ110、ウエハローダ112は主制御装置50の管理下に置かれている(図3参照)。

【0089】

主制御装置50では、例えばレチクル交換に際しては、レチクルレーザ干渉計46の計測値と位置センサ98の計測値に基づいてレチクルローダ110を制御することにより、搬送時のベースプレートBP1を基準とするレチクルステージRSTの位置を定常的に一定に保つことができ、結果的にレチクルステージRST上の所望の位置にレチクルRをロードすることができる。

【0090】

同様に、主制御装置50では、ウエハ交換時等においてもレーザ干渉計90X、90Yの計測値と位置センサ94の計測値とに基づいてウエハローダ112を制御することにより、ベースプレートBP1を基準とするウエハステージWSTの位置を定常的に一定に保つことができ、結果的にウエハステージWST上の所望の位置にウエハWをロードすることができる。

【0091】

前記第1部分照明光学系IOP1の照明系ハウジング26Aは、第1、第2のベースプレートBP1、BP2とは独立して床面FDに載置された第3のベースプレートBP3上に3点支持の防振台116を介して搭載された支持コラム118によって支持されている。この防振台116としても、防振ユニット56A～56C、66A～66Cと同様に、エアマウントとボイスコイルモータ(アクチュエータ)と支持コラム118に取り付けられた振動検出センサ(例えば加速度計)を備えたアクティブ防振台が用いられており、この防振台116によって床面FDからの振動がマイクロGレベルで絶縁される。

【0092】

さらに、本第1の実施形態では、第2部分照明光学系IOP2とレチクルベース定盤42との6自由度方向の相対位置を計測するベース干渉計120（図3参照）を備えている。

【0093】

これを更に詳述すると、図4に示されるように、レチクルベース定盤42の上面には、第2部分照明光学系IOP2の照明系ハウジング26Bに対向して配置された前述したターゲット93と同様のL字状部材から成る一対のターゲット230A、230Bが固定されており、これらのターゲット230A、230BのX、Y、Z方向の位置をそれぞれ計測する合計6つのレーザ干渉計（図4では図示せず）が、照明系ハウジング26Bに固定されている。これら6つのレーザ干渉計によって図3のベース干渉計120が構成されている。このベース干渉計120からの6つの計測値、すなわちX、Y、Z方向の各2つの位置情報（変位情報）は、主制御装置50に送られるようになっている。そして、主制御装置50ではこのベース干渉計120からの6つの計測値に基づいて第2部分照明光学系IOP2とレチクルベース定盤42との6自由度方向（X、Y、Z、 θ_x 、 θ_y 、 θ_z 方向）の相対位置を求めることができるようになっている。

【0094】

従って、主制御装置50では、上記ベース干渉計120からの計測値に基づいて求めた6自由度方向の相対位置に基づいて、駆動ユニット44を介してレチクルステージRST（レチクル微動ステージ208）のXY面内の位置を調整するとともに、防振ユニット56A～56C又は防振台116を制御することにより、第2部分照明光学系IOP2とレチクルRとの6自由度方向の相対位置関係を微調整する。

【0095】

また、主制御装置50では、振動センサ群96の計測値に基づいて防振ユニット56A～56Cを制御することにより本体コラム14の粗振動を抑制し、ベース干渉計120の計測値に基づいてレチクルステージRST（レチクル微動ステージ208）の位置を制御することにより、本体コラム14の微振動をも効果的に抑制することができる。

【0096】

図3には、上述した露光装置10の制御系の構成が簡単に示されている。この制御系は、ワークステーション（又はマイクロコンピュータ）から成る主制御装置50を中心として構成されている。主制御装置50は、これまでに説明した各種の制御を行う他、装置全体を統括的に制御する。

【0097】

次に、上述のようにして構成された露光装置10における露光動作について説明する。

【0098】

前提として、ウエハW上のショット領域を適正露光量（目標露光量）で走査露光するための各種の露光条件が予め設定される。また、不図示のレチクル顕微鏡及び不図示のオフアクシス・アライメントセンサ等を用いたレチクルアライメント、ベースライン計測等の準備作業が行われ、その後、アライメントセンサを用いたウエハWのファインアライメント（EGA（エンハンスド・グローバル・アライメント）等）が終了し、ウエハW上の複数のショット領域の配列座標が求められる。

【0099】

このようにして、ウエハWの露光のための準備動作が終了すると、主制御装置50では、アライメント結果に基づいてレーザ干渉計90X、90Yの計測値をモニタしつつ駆動ユニット72を制御してウエハWの第1ショットの露光のための走査開始位置にウエハステージWSTを移動する。

【0100】

そして、主制御装置50では駆動ユニット44、72を介してレチクルステージRSTとウエハステージWSTとのY方向の走査を開始し、両ステージRST、WSTがそれぞれの目標走査速度に達すると、パルス紫外光によってレチクルRのパターン領域が照明され始め、走査露光が開始される。

【0101】

この走査露光の開始に先立って、光源12の発光は開始されているが、主制御装置50によってレチクルブラインド機構28Mを構成する可動ブラインドの各

ブレードの移動がレチクルステージ R S T の移動と同期制御されているため、レチクル R 上のパターン領域外へのパルス紫外光の照射が遮光されることは、通常のスキニング・ステッパと同様である。

【0102】

主制御装置 50 では、特に上記の走査露光時にレチクルステージ R S T の Y 軸方向の移動速度 V_r とウエハステージ W S T の Y 軸方向の移動速度 V_w とが投影光学系 P L の投影倍率 ($1/5$ 倍或いは $1/4$ 倍) に応じた速度比に維持されるように駆動ユニット 44、駆動ユニット 72 を介してレチクルステージ R S T 及びウエハステージ W S T を同期制御する。

【0103】

そして、レチクル R のパターン領域の異なる領域がパルス紫外光で逐次照明され、パターン領域全面に対する照明が完了することにより、ウエハ W 上の第 1 ショットの走査露光が終了する。これにより、レチクル R のパターンが投影光学系 P L を介して第 1 ショットに縮小転写される。

【0104】

このようにして、第 1 ショットの走査露光が終了すると、主制御装置 50 により駆動ユニット 72 を介してウエハステージ W S T が X、Y 軸方向にステップ移動され、第 2 ショットの露光のため走査開始位置に移動される。このステッピングの際に、主制御装置 50 ではウエハステージ W S T の位置 (ウエハ W の位置) を検出する位置検出装置であるレーザ干渉計 90 X、90 Y の計測値に基づいてウエハステージ W S T の X、Y、 θ_z 方向の位置変位をリアルタイムに計測する。この計測結果に基づき、主制御装置 50 では駆動ユニット 72 を制御してウエハステージ W S T の X Y 位置変位が所定の状態になるようにウエハステージ W S T の位置を制御する。

【0105】

また、主制御装置 50 ではウエハステージ W S T の θ_z 方向の変位の情報に基づいて駆動ユニット 44 を制御し、そのウエハ W 側の回転変位の誤差を補償するようにレチクルステージ R S T (レチクル微動ステージ 208) を回転制御する。

【0106】

そして、主制御装置50では第2ショットに対して上記と同様の走査露光を行う。

【0107】

このようにして、ウエハW上のショットの走査露光と次ショット露光のためのステッピング動作とが繰り返し行われ、ウエハW上の露光対象ショットの全てにレチクルRのパターンが順次転写される。

【0108】

ところで、上記では特に説明をしなかったが、最近のスキャニング・ステッパと同様に、ウエハW上の各ショット領域に対する走査露光中、主制御装置50では、不図示の焦点検出系の計測値に基づいて焦点深度数百nm以下でフォーカスを合わせて露光を行うようになっている。

【0109】

しかし、このようなウエハWのショットの走査露光中のフォーカス制御のみでは、デバイスルールがますます微細化する今日にあっては、ウエハW上に転写されたパターン像の線幅の均一性を高精度に確保することが困難になりつつある。これは、ウエハ周辺のショットの場合、その隣接ショットの存在しない側とそうでない側とでは、いわゆるフレアの影響の相違等に起因してパターン像の線幅が異なるためである。かかる不都合の発生を未然に防止あるいは抑制するためには、ウエハW上の周辺ショットの更に外側に仮想のショットを想定したダミー露光を行うことが望ましい。

【0110】

そこで、本実施形態では、このダミー露光の際に、前述したレーザ干渉計102の計測値に基づいて、投影光学系PLとステージ定盤16との投影光学系PLの光軸AX方向及び光軸直交面に対する傾斜方向の3自由度方向（Z、 θ_x 、 θ_y ）の位置関係を求め、防振ユニット66A～66C等を制御することにより、ウエハステージWSTのフォーカス・レベリング制御を行うようになっている。従って、上記のダミー露光に際しても、高精度なフォーカス制御が可能であり、結果的、線幅制御性の向上も可能である。

【0111】

以上詳細に説明したように、本第1の実施形態の露光装置10によると、本体コラム14を支持する防振ユニット56A～56CがベースプレートBP1に搭載され、ステージ定盤16を支持する防振ユニット66A～66CがベースプレートBP1とは独立して床面FDに載置されたベースプレートBP2に搭載されているので、ベースプレートBP1、BP2相互間では、直接的な振動の伝達はなく、床面FDを介して振動が伝達されるのみである。このため、ステージ定盤16上に支持されたウエハステージWSTの移動時（駆動時）の反力が、ベースプレートBP1に直接的に伝わることはない。また、ウエハステージWSTの加減速時に生じる反力は、リアクションフレーム84A、84Bを介してベースプレートBP2に伝わるが、この際この反力は、圧電素子85によって減衰される。従って、ベースプレートBP2に伝わるウエハステージWSTの加減速時に生じる反力は非常に小さな力であり、これが床面FDを介してベースプレートBP1に伝わったとしても、該ベースプレートBP1上に搭載された本体コラム14に支持された投影光学系PLに無視できない程度に大きな振動を生じさせる可能性はない。従って、ウエハステージの加減速時に生じる反力が装置各部に与える影響を極力小さく出来るので、ウエハステージの大型化あるいは高速化・高加速度化を図ることができる。また、上記のリアクションフレーム84A、84Bの振動が圧電素子85によって減衰される結果、ウエハステージWSTの位置制御性をも向上させることができる。

【0112】

また、防振ユニット56A～56Cとしてアクティブ防振台が採用され、主制御装置50が、位置基め定盤BP1と本体コラム14との相対位置を計測する位置センサ98の計測値に基づいて防振ユニット56A～56Cを制御するようになっていることから、本体コラム14、従ってこれに支持される投影光学系PLをベースプレートBP1を基準とした安定した位置に維持することができる。また、本体コラム14にレチクルステージRSTが搭載されているが、該レチクルステージRSTとしてカウンタウエイト方式のステージが採用されているので、レチクルステージRSTの移動による反力による本体コラム14の振動は僅かで

ある。また、この僅かな本体コラム14の振動も本体コラム14を支持する防振ユニット56A～56Cによって抑制あるいは除去することができる。

【0113】

また、防振ユニット66A～66Cとして、アクティブ防振台が採用され、主制御装置50がベースプレートBP1とステージ定盤16との相対位置を計測する位置センサ94の計測値に基づいて防振ユニット66A～66Cを制御するようになっていることから、ステージ定盤16を位置基め定盤BP1を基準とする安定した位置に維持することができる。また、ウエハステージWSTの移動により生ずるステージ定盤16の振動は防振ユニット66A～66Cによって抑制あるいは除去することができる。

【0114】

従って、本実施形態では、投影光学系PLの振動に起因するパターン転写位置ずれや像ボケ等の発生を効果的に防止して露光精度の向上を図ることができる。

【0115】

また、上述した数々の工夫により、装置各部の振動や応力を低減し、装置各部間の相対位置関係をより高精度に維持・調整できるので、ウエハステージWSTをより高速化、大型化することが可能であり、これによりスループットの向上をも図ることができるという効果がある。

【0116】

なお、上記実施形態では、主制御装置50によって、防振ユニット、防振台、レチクルロード及びウエハロードの全てが制御される場合について説明したが、本発明がこれに限定されることはなく、これらを各別に制御するコントローラをそれぞれ設けても良く、あるいはこれらの任意の組み合わせを複数のコントローラで制御するようにしても良い。

【0117】

また、上記実施形態では、防振ユニット、防振台の全てがアクティブ防振台である場合について説明したが、本発明がこれに限定されないことは勿論である。すなわち、これらの全て、これらのいずれか、あるいは任意の複数がパッシブ防振台であっても良い。

【0118】

《第2の実施形態》

次に、本発明の第2の実施形態を図6～図8に基づいて説明する。ここで、前述した第1の実施形態と同一若しくは同等の構成部分については同一の符号を用いるとともに、その説明を簡略にし若しくは省略するものとする。

【0119】

図6には、第2の実施形態に係る露光装置100の主要部の構成が概略的に示されている。この露光装置100は、第1の実施形態の露光装置10と同様に、いわゆるステップ・アンド・スキャン方式でマスクとしてのレチクルRのパターンを基板としてウエハW上に転写する縮小投影露光装置、すなわちいわゆるスキャンング・ステッパである。

【0120】

この露光装置100は、レチクルステージRST及びその駆動機構等、並びに本体コラム14の構成が前述した露光装置10と大きく異なるので、以下においては、これらの点を中心として説明する。

【0121】

前記本体コラム14は、床面FDに水平に載置された装置の基準となる第1のベースプレートBP1上に設けられた3本の支柱54A～54C（但し、図6においては紙面奥側の支柱54Cは図示せず、図2参照）及びこれらの支柱54A～54Cの上部に固定された防振ユニット56A～56C（但し、図6においては紙面奥側の防振ユニット56Cは図示せず、図2参照）を介してほぼ水平に支持された鏡筒定盤58と、この鏡筒定盤58上に立設された支持コラム40とによって構成されている。この内、支持コラム40は、鏡筒定盤58の上面に植設された4本の柱59とこれらの柱59によって水平に保持されたレチクルベース定盤42とから構成されている。

【0122】

前記レチクルステージRSTは、その底面にエアークッション65が複数固定されており、これらのエアークッション65によってレチクルベース定盤42の上方に浮上支持されている。このレチクルステージRSTは、マスク駆動機構としての駆

動ユニット145（図6では図示せず、図8参照）によって走査方向であるY軸方向に所定ストローク範囲で駆動されるようになっている。なお、レチクル駆動ユニット145については後述する。

【0123】

レチクルステージRSTには、レチクルRを吸着保持して非走査方向（X軸方向）に微少駆動する不図示のレチクル微動ステージが設けられている。しかしながら、レチクルRの非走査方向（X軸方向）の駆動は、本発明との関連が薄いので、以下の説明においては、レチクルRの非走査方向駆動系についてはその説明を省略するものとする。

【0124】

ここで、駆動ユニット145の具体的構成等について図7に基づいて説明する。この図7の斜視図に示されるように、レチクルステージRSTのX軸方向の両側面のZ方向ほぼ中心位置には、コイルを内蔵しY軸方向に延びる可動子214A、214Bがそれぞれ一体的に設けられ、これらの可動子214A、214Bにそれぞれ対向して断面コの字状の一对の固定子212A、212Bが配置されている。固定子212A、212Bは、固定子ヨークとこの固定子ヨークの延設方向に沿って所定間隔で配置された交番磁界を生じさせる多数の永久磁石とによって構成されている。すなわち、本実施形態では、可動子214Aと固定子212Aとによってムービングコイル型のリニアモータ202Aが構成され、また、可動子214Bと固定子212Bとによってムービングコイル型のリニアモータ202Bが構成されている。また、これら一組のリニアモータ202A、202B及び不図示の微動ステージの駆動系によって、前述した駆動ユニット145が構成される。リニアモータ202A、202Bを含むマスク駆動機構としての駆動ユニット145は、主制御装置50（図8参照）によって制御されるようになっている。

【0125】

前記固定子212A、212Bは、図6及び図7に示されるように、それぞれの長手方向をY軸方向として門形のフレーム130によって水平に支持されている。

【0126】

これを更に詳述すると、フレーム130は、図6及び図7に示されるように、相互に対向してXZ面に沿ってそれぞれ配設され、第1のベースプレートBP1上に配置された第1、第2の鉛直部材132、134と、これらの上端部相互間を連結する水平板136とから構成されている。一方の固定子212Aの長手方向の一端と他端は、矩形板状の取付部材138A、138Bをそれぞれ介して、第1、第2の鉛直部材132、134の内壁面に固定支持されている。同様に、他方の固定子212Bの長手方向の一端と他端は、矩形板状の取付部材138C、138Dをそれぞれ介して、第1、第2の鉛直部材132、134の内壁面に固定支持されている。

【0127】

前記水平板136のほぼ中央部には、開口136aが形成されており、この開口136a内に主コンデンサーレンズ系28Rの先端が挿入された状態で、該水平板136によって第2部分照明光学系IOP2の射出端部が下方から支持されている。なお、第2部分照明光学系IOP2の他端側は不図示の支持部材を介して水平板136に支持されている。本第2の実施形態では、第1の実施形態と異なりベース干渉計は、設けられていない（図8参照）。

【0128】

前記レチクルステージRSTは、図7に示されるように、その上面に、断面矩形の凹部140が形成され、この凹部140の内底面の中央に矩形の開口140aが形成されている。そして、この開口140aを覆うような状態で、凹部140内にレチクルRが載置されるが、図6では、図示の便宜上からレチクルステージRSTの上面にレチクルRが載置された状態が図示されている。

【0129】

レチクルステージRSTの+Y側の側面には、一对のコーナキューブ（図示省略）が設けられており、この一对のコーナキューブを介してレチクルレーザ干渉計（以下、「レチクル干渉計」と略述する）46によってレチクルステージRSTのY位置が所定の分解能、例えば0.5～1nm程度の分解能で計測されている。このレチクル干渉計46は、図6の支持コラム40上に固定されている。

このレチクル干渉計46の参照鏡（固定鏡）は、図示は省略したが投影光学系P
Lの鏡筒部に固定されている。レチクル干渉計46の計測値は、主制御装置50
に供給されるようになっている（図8参照）。

【0130】

前記フレーム130を構成する第1鉛直部材132の外表面及び内面には、図7
に示されるように、減衰部材としての piezoelectric 素子等の圧電素子142
($142_{11} \sim 142_{mn}$)、圧電素子144 ($144_{11} \sim 144_{mn}$) がそれぞれ
m行n列のマトリクス状配置で固定されている。圧電素子 142_{ij} と圧電素子
 144_{ij} ($i = 1 \sim m, j = 1 \sim n$) とは、相互に対向する位置に配置されている
。

【0131】

同様に、第2の鉛直部材134の外表面及び内面には、減衰部材としての圧電素
子146 ($146_{11} \sim 146_{mn}$)、圧電素子148 ($148_{11} \sim 148_{mn}$) がそ
れぞれm行n列のマトリクス状配置で固定されている。圧電素子 146_{ij} と圧電
素子 148_{ij} ($i = 1 \sim m, j = 1 \sim n$) とは、相互に対向する位置に配置され
ている。

【0132】

圧電素子142、144、146、148は、本実施形態では、図8に示され
るように、主制御装置50に接続されており、主制御装置50では、レチクルス
テージRSTの駆動によって生じる反力に応じて、各圧電素子を制御することに
より、第1、第2の鉛直部材132、134の振動を相殺するような力を各圧電
素子に生じさせるようになっている。この場合、第1の実施形態と異なり、圧電
素子は、主として電氣的エネルギーの印加により力学的な歪みを生じる電気-機械
変換素子として用いられる。すなわち、先に説明した圧電効果の逆効果（これも
圧電効果と呼ばれる）である圧電素子（結晶）の両端（の電極間）に電圧をかけ
たとき、力学的な歪みが生ずる効果を利用して、図6に、引張力 F_1 と圧縮力 F_2
、引張力 F_3 と圧縮力 F_4 とで代表的に示されるような、第1鉛直部材132、第
2鉛直部材134に撓み変形を生じさせるような組みの力を発生させるような電
圧を、圧電素子 142_{ij} と圧電素子 144_{ij} 、圧電素子 146_{ij} と圧電素子14

8_{ij}にそれぞれ印加するようになっている。すなわち、本第2の実施形態では、主制御装置50によってレチクルステージRSTの駆動によって生じる反力に応じて、各圧電素子（電気-機械変換素子）を制御する第2の制御装置が構成されている。

【0133】

この場合、主制御装置50では、例えばレチクルステージRSTに対する推力の指令値（レチクルステージ駆動力の指令値）に基づいて各圧電素子に対する印加電圧をフィードフォワード制御すれば良い。かかるフィードフォワード制御によれば、実際に第1、第2鉛直部材132、134に振動による撓み変形（以下、便宜上「変形A」と呼ぶ）が生ずるのに先立って、この撓み変形を相殺するような撓み変形（以下、便宜上「変形B」と呼ぶ）を生じさせることができるので、レチクルステージRSTの駆動による反力が固定子212A、212Bを介して第1鉛直部材132、第2鉛直部材134に伝達されると、上記の第1、第2鉛直部材132、134に生じた変形Aが、上記伝達された反力に起因する第1、第2鉛直部材132、134の振動による変形Bとが合成され、その結果第1鉛直部材132、第2鉛直部材134の振動の発生そのものが積極的に抑制される（変形A+変形B≒0）。

【0134】

図8には、露光装置100の制御系の主要部が示されている。この制御系は、図3の制御系と同様に主制御装置50を中心として構成されている。この主制御装置50の入力端にベース干渉計が接続されていない点、及び圧電素子142～148が接続されている点以外は、図3の制御系と同様になっている。

【0135】

また、その他の装置の構成部分も前述した第1の実施形態の露光装置10と同様になっている。

【0136】

このようにして構成された本第2の実施形態の露光装置100によっても、前述した第1の実施形態と同等の効果を得られる他、レチクルステージRSTの駆動によって生じる反力が伝達されるフレーム130（具体的には、第1鉛直部材

132、第2鉛直部材134)の振動の発生そのものを積極的に抑制することも可能である。

【0137】

なお、上記第2の実施形態では、減衰部材として電気-機械変換素子の一種である圧電素子を用いる場合について説明したが、これに限らず、磁気歪みの特性を利用して電気振動を機械振動に変換する装置である磁歪素子、その他の電機-機械変換素子を減衰部材として用いることは可能である。

【0138】

なお、上記第2の実施形態で説明したのと同様にして、ウエハステージWST側のリアクションフレーム84A、84Bに電気-機械変換素子(圧電素子等)を複数固定し、主制御装置50により、これらの圧電素子に印加する電圧をウエハステージWSTの駆動によって生じる反力に応じて制御するようにしても良く、かかる場合には、ウエハステージWSTの駆動によって生じる反力が伝達されるリアクションフレーム84A、84Bの振動の発生そのものを積極的に抑制することが可能となり、ベースプレートBP2に伝わる振動(及び力)をより一層低減することができる。

【0139】

また、上記第2の実施形態において、圧電素子142、144、146、148を主制御装置50に接続することなく、前述した第1の実施形態の圧電素子85と同様の方法によってフレーム130(第1、第2の鉛直部材132、134)の振動減衰を主目的として用いても良いことは勿論である。

【0140】

なお、上記第1、第2の実施形態では、ウエハステージWSTが、単一の2次元移動ステージであり、該ウエハステージWSTを走査方向に駆動するリニアモータの固定子がリアクションフレームに設けられた場合について説明したが、本発明がこれに限定されないことは勿論である。

【0141】

すなわち、次に説明する第3の実施形態のように、ウエハステージWSTは、例えばY軸方向に移動するYステージと、このYステージ上をウエハを保持して

X方向に移動するXステージとを有する2段構造のXYステージであっても良く、ウエハステージWSTを移動可能に支持するステージベース（ステージ定盤）が、リアクションフレームによって本体コラムと振動に関して独立して支持されていても良い。

【0142】

《第3の実施形態》

次に、本発明の第3の実施形態を図9及び図10に基づいて説明する。本第3の実施形態の露光装置は、ウエハWの位置決め装置であるステージ装置のみが、前述した第1の実施形態の露光装置と異なるので、以下においては、このステージ装置を中心として説明する。なお、ここで前述した第1の実施形態と同一若しくは同等の構成部分については同一の符号を用いるものとする。

【0143】

図9には、第3の実施形態に係る露光装置を構成するステージ装置160の斜視図が示されている。このステージ装置160は、図1の第2のベースプレートBP2の上方に水平に配設され、L字状部材から成る第1のフレームとしてのリアクションフレーム84C、84D、84E、84Fによって支持されたステージベースとしてのステージ定盤16と、このステージ定盤16の上面に配置された第1ステージとしてのYステージ162と、このYステージ162上に配置された第2のステージとしてのXステージ164とを備えている。Xステージ164の上面に不図示のウエハホルダを介して基板（及び試料）としてのウエハWが真空吸着等によって固定されている。

【0144】

前記ステージ定盤16と第2のベースプレートBP2との間には、前述した防振ユニット66A～66Cが設けられている。

【0145】

リアクションフレーム84C、84D及びリアクションフレーム84E、84Fのそれぞれの一端は、ステージ定盤16のY軸方向一侧及び他側の側面に強固に固定されており、それぞれの他端は、第2のベースプレートBP2の上面にねじ止め等によって固定されている。リアクションフレーム84C、84D、84

E、84 Fには、減衰部材としての圧電素子85がそれぞれ固定されている。この場合も、リアクションフレーム84 C、84 D、84 E、84 Fの最大撓みが生じずる位置に圧電素子85がそれぞれ固定されている。

【0146】

ステージ定盤16の上面には、Y軸方向に延びる一対のYガイド168 A、168 Bが固定されている。また、ステージ定盤16とYステージ162との間には、Yステージ162をYガイド168 A、168 Bに沿って走査方向であるY軸方向に駆動するリニアモータ86 A、86 B（図9では図示せず、図10参照）が設けられている。

【0147】

同様に、Yステージ162の上面には、X軸方向に延びる一対のXガイド170 A、170 Bが固定され、これらのXガイド170 A、170 Bに沿ってXステージ164を非走査方向であるX軸方向に駆動するリニアモータ74 A、74 B（図9では図示せず、図10参照）がYステージ162とXステージ164との間に設けられている。すなわち、本第3の実施形態では、Yステージ162及びXステージ164によってウエハWを保持してXY2次元移動する基板ステージとしてのウエハステージWSTが構成され、このウエハステージWSTを駆動する基板駆動機構としての駆動ユニット72（図10参照）がリニアモータ86 A、86 B及びリニアモータ74 A、74 Bを含んで構成されている。

【0148】

リニアモータ86 A、86 B、74 A、74 Bとしては、公知のムービング・マグネット型、あるいはムービング・コイル型のリニアモータが用いられる。

【0149】

Yステージ162のX軸方向の両側面には、各一対のL字状部材から成る第2のフレームとしてのリアクションフレーム172 A、172 B及びリアクションフレーム172 C、172 Dの一端が固定されてされている。これらのリアクションフレーム172 A、172 B及びリアクションフレーム172 C、172 Dのそれぞれの他端側には、リニアアクチュエータ174 A、174 B（但し、図9においてはリニアアクチュエータ174 Bは図示せず、図10参照）の可動子

176が取り付けられている。これらのリニアのアクチュエータ174A、174Bの固定子178は、ベースプレートBP2の上面にY軸方向に沿って延設されている。

【0150】

リアクションフレーム172A~172Dのそれぞれには、減衰部材としての圧電素子180がそれぞれ固定されている。この場合も、リアクションフレーム172A~172Dのそれぞれの最大撓みが生ずる位置に圧電素子180が固定され、効果的な振動減衰が行われるようになっている。

【0151】

図10には、本第3の実施形態の露光装置の制御系の主要部が示されている。この図10の制御系は、図3の制御系と同様に制御装置としての主制御装置50を中心として構成されている。この制御系は、主制御装置50の出力側に、リニアアクチュエータ174A、174Bが更に接続されている点を除けば、前述した図3の制御系と同様になっている。

【0152】

この場合、主制御装置50では、走査露光時等にウエハステージWSTをY軸方向に駆動するに際しては、リニアモータ86A、86Bとともにリニアアクチュエータ174A、174Bを制御し、ウエハステージWSTと一体でリアクションフレーム172A~172DをY軸方向に駆動するようになっている。すなわち、本第3の実施形態では、主制御装置50によって、Yステージ162とリアクションフレーム172A~172Dとが一体的に移動するように、駆動ユニット72及びリニアアクチュエータ174A、174Bを制御する第1の制御装置が構成されている。

【0153】

ステージ装置以外の他の構成部分は、前述した第1の実施形態と同様になっている。従って、Xステージ164のXY2次元位置は、前述したレーザ干渉計90X、90Yによって計測される。

【0154】

このようにして構成された本第3の実施形態の露光装置によると、例えば、シ

ヨット間ステッピング時等におけるXステージ164の移動の際には、該Xステージ164の駆動力の反力がYステージ162に作用し、この反力がYステージ162からリアクションフレーム172A~172Dに伝達され、これらのリアクションフレーム172A~172Dが振動するが、この振動は圧電素子180によって減衰される。従って、リアクションフレーム172A~172Dを介してベースプレートBP2に伝達されるXステージ164の移動時に生じる反力は十分に小さくなる。

【0155】

また、走査露光時等において、ウエハステージWSTを走査方向に駆動する際には、その駆動力の反力がステージ定盤16に作用し、この反力がステージ定盤16からリアクションフレーム84C、84D、84E、84Fに伝達され、これらのリアクションフレーム84C、84D、84E、84Fが振動するが、この振動が圧電素子85によって減衰される。

【0156】

従って、本第3の実施形態によっても、前述した第1の実施形態と同等の効果をを得ることができる。

【0157】

なお、上記第3の実施形態において、Yステージ162をエアパッド等を用いてステージ定盤16上に浮上支持し、Yステージ162のX軸方向の両側面にリニアモータの可動子を設け、これらのリニアモータの固定子をリアクションフレーム172A、172B及びリアクションフレーム172C、172Dの先端に固定するような構成を採用することもできる。このようにすると、ウエハステージWSTとステージ定盤16とが振動に関し独立した状態となるので、ウエハステージの駆動の際の反力がステージ定盤16に直接伝達されなくなるので、例えばステージ定盤16上にXステージ164の2次元位置を計測する干渉計等を設置しても、ステージ定盤16の振動に起因する位置決め性能が悪化するようなことがない。

【0158】

また、上記第3の実施形態において、圧電素子85、180を主制御装置50

に接続し、第2の実施形態と同様に、主制御装置50によりYステージ、Xステージの駆動によって生じる反力に応じて、各圧電素子85、180に印加する電圧をフィードフォワード制御するようにしても良く、かかる場合には、リアクションフレームの振動の発生そのものを抑制することができる。

【0159】

なお、上記第1～第3の実施形態では、本発明に係る位置決め装置が露光装置のステージ装置に適用された場合について説明したが、これに限らず、試料を高精度に位置決めする必要がある精密機械等であれば、好適に適用できるものである。

【0160】

また、上記各実施形態では、ステージ定盤（ステージベース）と本体コラムとが分離されたタイプの露光装置に本発明が適用された場合について説明したが、例えば、ステージベースが本体コラムの一部を構成する（例えば、ステージベースが鏡筒定盤に吊り下げ支持される）タイプの露光装置にも、本発明は好適に適用できる。

【0161】

なお、上記各実施形態では、本発明が、スキャニング・ステッパに適用された場合について説明したが、マスクと基板とを静止した状態でマスクのパターンを基板に転写するとともに、基板を順次ステップ移動させるステップ・アンド・リピート方式の縮小投影露光装置や、投影光学系を用いることなくマスクと基板とを密接させてマスクのパターンを基板に転写するプロキシミティ露光装置にも本発明は好適に適用できるものである。

【0162】

また、本発明は、半導体製造用の露光装置に限らず、例えば、角型のガラスプレートに液晶表示素子パターンを露光する液晶用の露光装置や、薄膜磁気ヘッドを製造するための露光装置にも広く適用できる。

【0163】

また、本発明の露光装置の露光用照明光としては、ArFエキシマレーザ光に限らず、g線（436nm）、i線（365nm）、KrFエキシマレーザ光（

248nm)、 F_2 レーザー光(157nm)、X線や電子線などの荷電粒子線を用いることができる。例えば、電子線を用いる場合には電子銃として、熱電子放射型のランタンヘキサボライト(LaB_6)、タンタル(Ta)を用いることができる。

【0164】

また、投影光学系の倍率は縮小系のみならず等倍および拡大系のいずれでも良い。投影光学系としては、エキシマレーザーなどの遠紫外線を用いる場合は硝材として石英や蛍石などの遠紫外線を透過する材料を用い、 F_2 レーザーやX線を用いる場合は反射屈折系または反射系の光学系にし(レチクルも反射型タイプのものを用いる)、また、電子線を用いる場合には光学系として電子レンズおよび偏向器からなる電子光学系を用いれば良い。なお、電子線が通過する光路は真空状態にすることは言うまでもない。

【0165】

また、ウエハステージやレチクルステージにリニアモータ(米国特許第5,623,853号又は米国特許第5,528,118号の公報参照)を用いる場合は、エアベアリングを用いたエア浮上型に限らず、ローレンツ力又はリアクタンス力を用いた磁気浮上型のものを用いても良い。

【0166】

また、ステージは、ガイドに沿って移動するタイプでも良いし、ガイドを設けないガイドレスタイプでも良い。

【0167】

また、複数のレンズから構成される照明光学系、投影光学系を露光装置本体に組み込み光学調整をするとともに、多数の機械部品からなるレチクルステージやウエハステージを露光装置本体に取り付けて配線や配管を接続し、更に総合調整(電気調整、動作確認等)をすることにより上記各実施形態の露光装置を製造することができる。なお、露光装置の製造は温度およびクリーン度等が管理されたクリーンルームで行うことが望ましい。

【0168】

また、半導体デバイスは、デバイスの機能・性能設計を行うステップ、この設

計ステップに基づいたレチクルを製作するステップ、シリコン材料からウエハを製作するステップ、前述した実施形態の露光装置によりレチクルのパターンをウエハに転写するステップ、デバイス組み立てステップ（ダイシング工程、ボンディング工程、パッケージ工程を含む）、検査ステップ等を経て製造される。

【0169】

【発明の効果】

以上説明したように、請求項1～8に記載の各発明に係る露光装置によれば、装置各部の振動が露光精度に与える影響を軽減して、露光精度を向上することができるとともにスループットを向上することができるという従来にない優れた効果がある。

【0170】

また、請求項9及び10に記載の各発明に係る位置決め装置によれば、ステージの駆動によって生じる反力の影響を軽減してステージの位置決め性能を向上させることができるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】

第1の実施形態の露光装置の構成を概略的に示す図である。

【図2】

図1の装置の本体コラムの一部を構成する鏡筒定盤より下方の構成各部の図1の右側面図を一部断面して示す図である。

【図3】

図1の装置の制御系の構成を概略的に示すブロック図である。

【図4】

図1のレチクルステージ近傍を示す斜視図である。

【図5】

図1のベースプレートBP1とステージ定盤16との相対位置を計測する位置センサの構成を説明するための図である。

【図6】

第2の実施形態の露光装置の主要部の構成を概略的に示す図である。

【図 7】

図 6 のレチクルステージの駆動機構及びこれを支持するフレームを示す概略斜視図である。

【図 8】

図 6 の装置の制御系の構成を概略的に示すブロック図である。

【図 9】

第 3 の実施形態の露光装置を構成するステージ装置の構成を概略的に示す斜視図である。

【図 10】

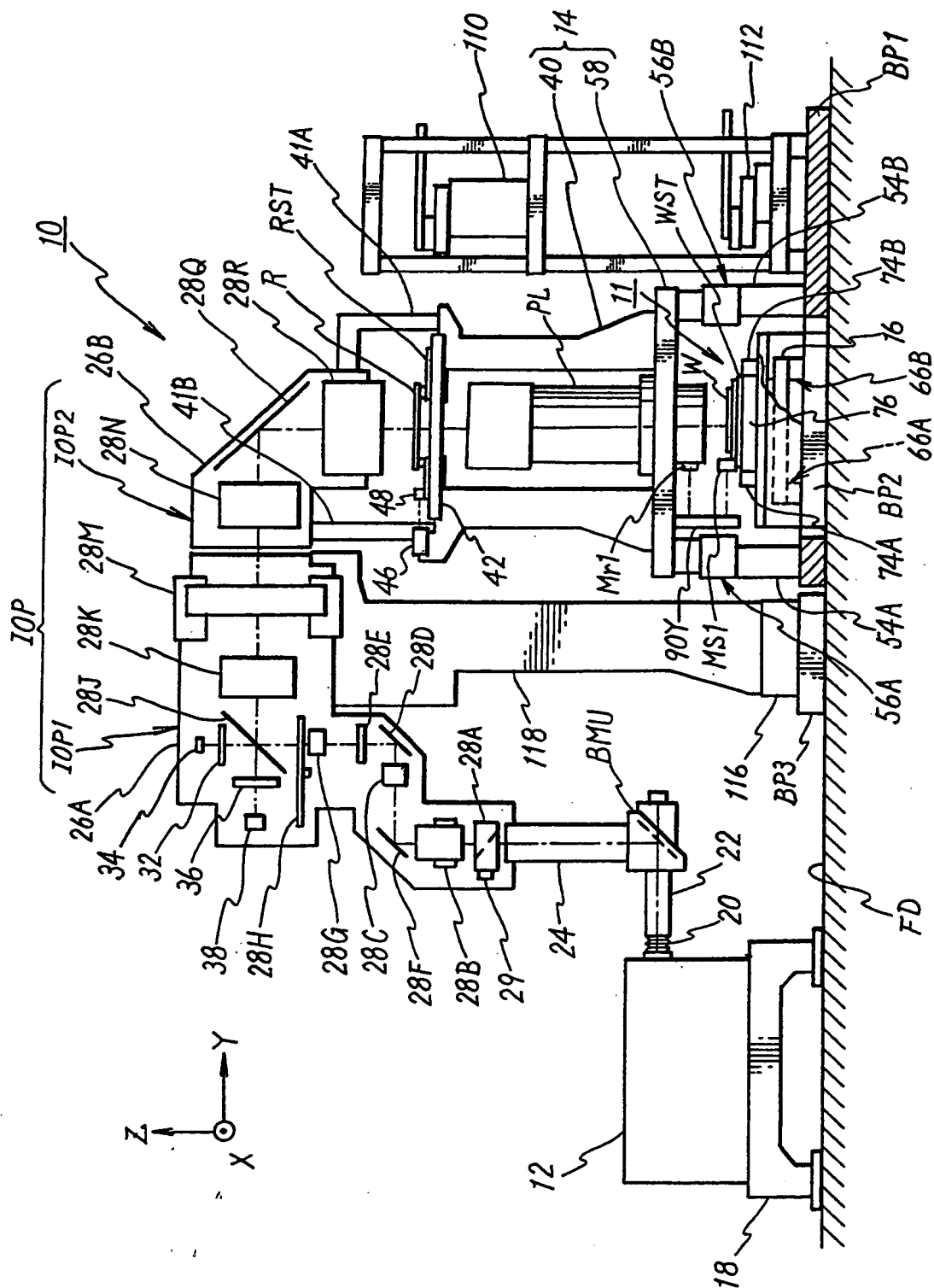
第 3 の実施形態の露光装置の制御系の構成を概略的に示すブロック図である。

【符号の説明】

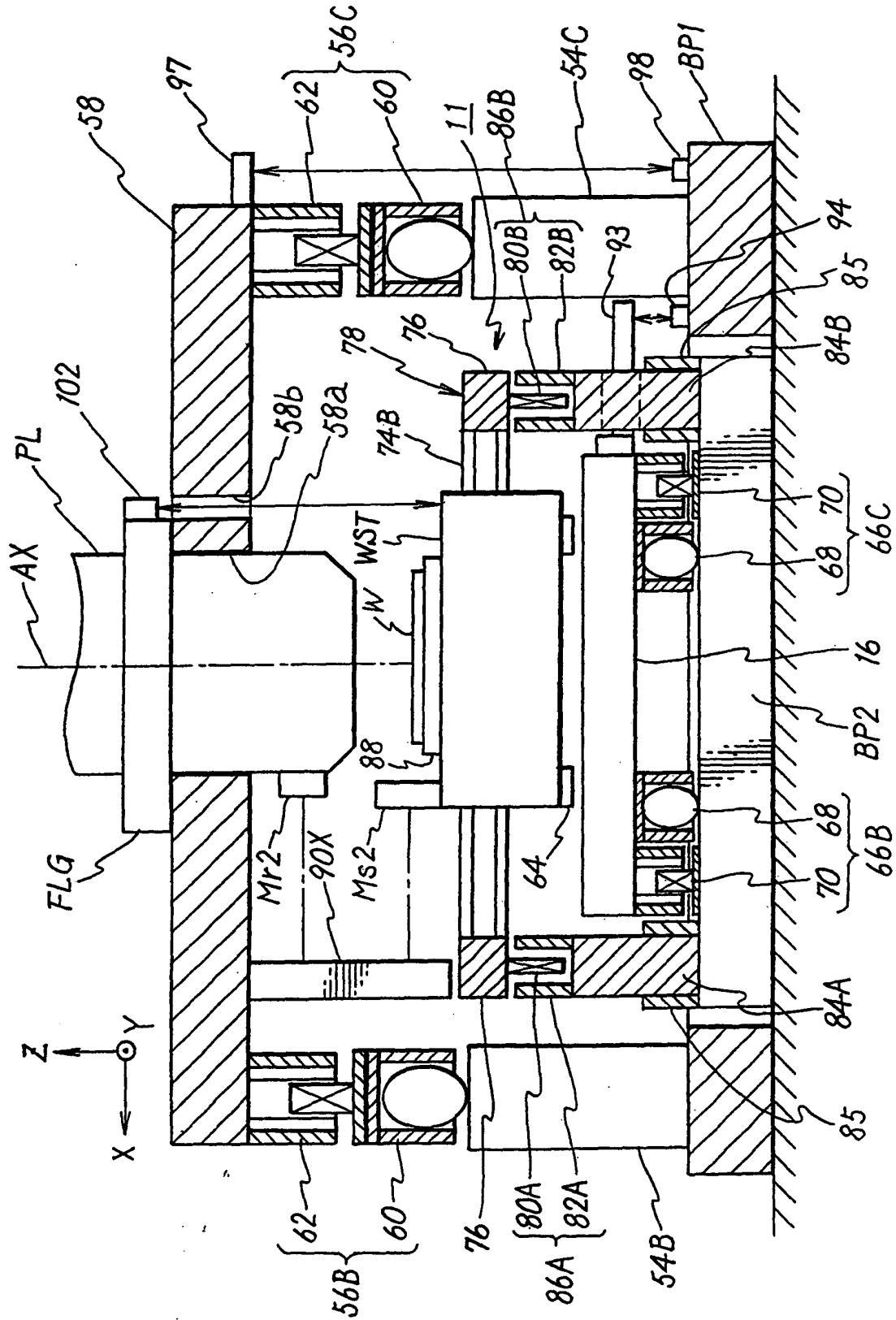
10…露光装置、11…ステージ装置（位置決め装置）、14…本体コラム（保持部）、16…ステージ定盤（ステージベース）、50…主制御装置（第1の制御装置、第2の制御装置）、72…駆動ユニット（基板駆動機構、ステージ駆動機構）、80A、80B…電機子ユニット（可動子）、82A、82B…磁石ユニット（固定子）、84A、84B…リアクションフレーム（第1のフレーム、伝達部材）、84C、84D、84E、84F…リアクションフレーム（第1のフレーム）、85…圧電素子（減衰部材）、100…露光装置、130…フレーム、142…圧電素子（減衰部材）、144…圧電素子（減衰部材）、145…駆動ユニット（マスク駆動機構）、146…圧電素子（減衰部材）、148…圧電素子（減衰部材）、162…Yステージ（第1ステージ）、164…Xステージ（第2ステージ）、172A～172D…リアクションフレーム（第2のフレーム）、174A、174B…リニアアクチュエータ、180…圧電素子（減衰部材）、PL…投影光学系、WST…ウエハステージ（基板ステージ、試料ステージ）、W…ウエハ（基板、試料）、RST…レチクルステージ（マスクステージ）、R…レチクル（マスク）。

【書類名】 図面

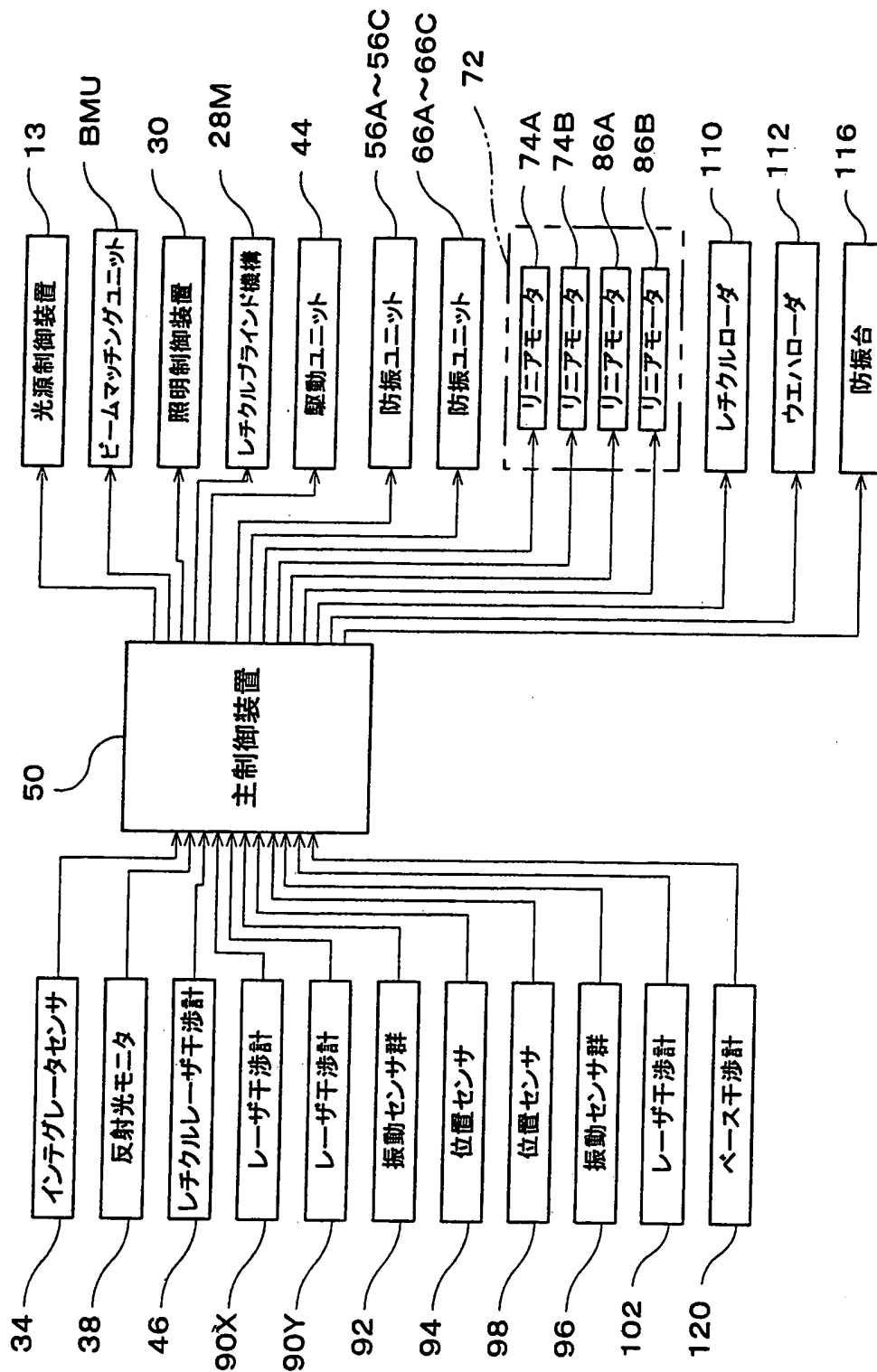
【図1】



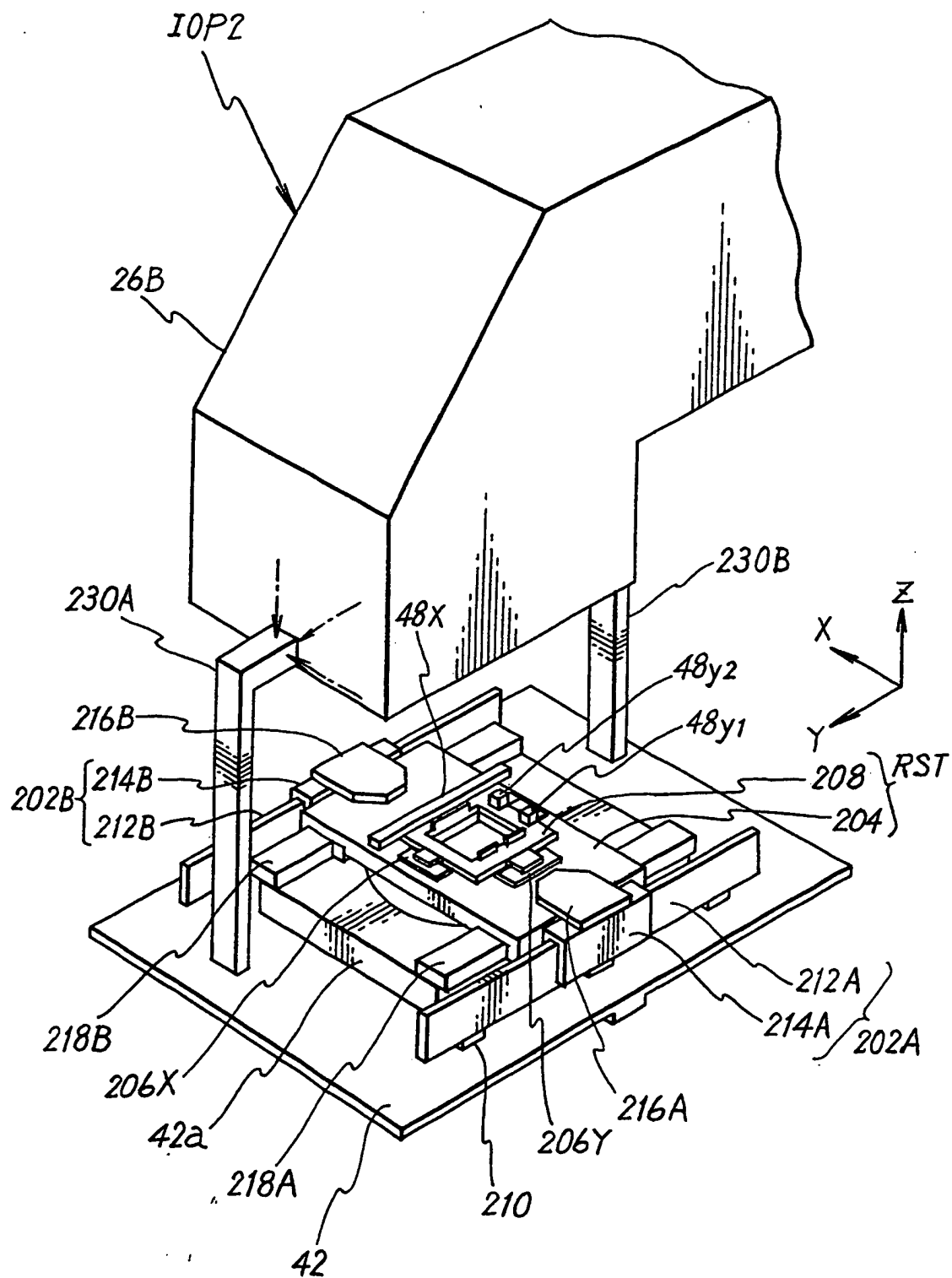
【图2】



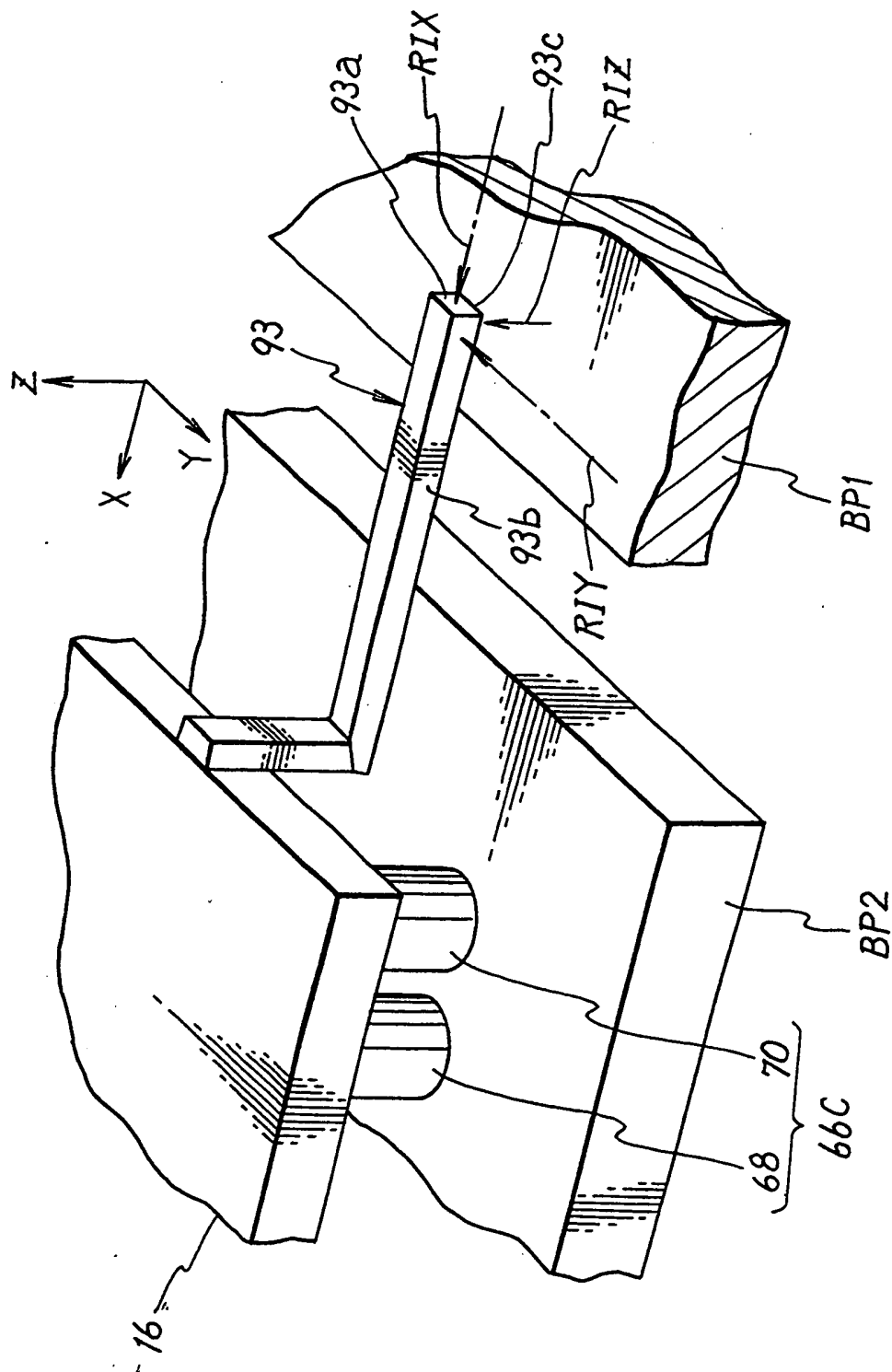
【図3】



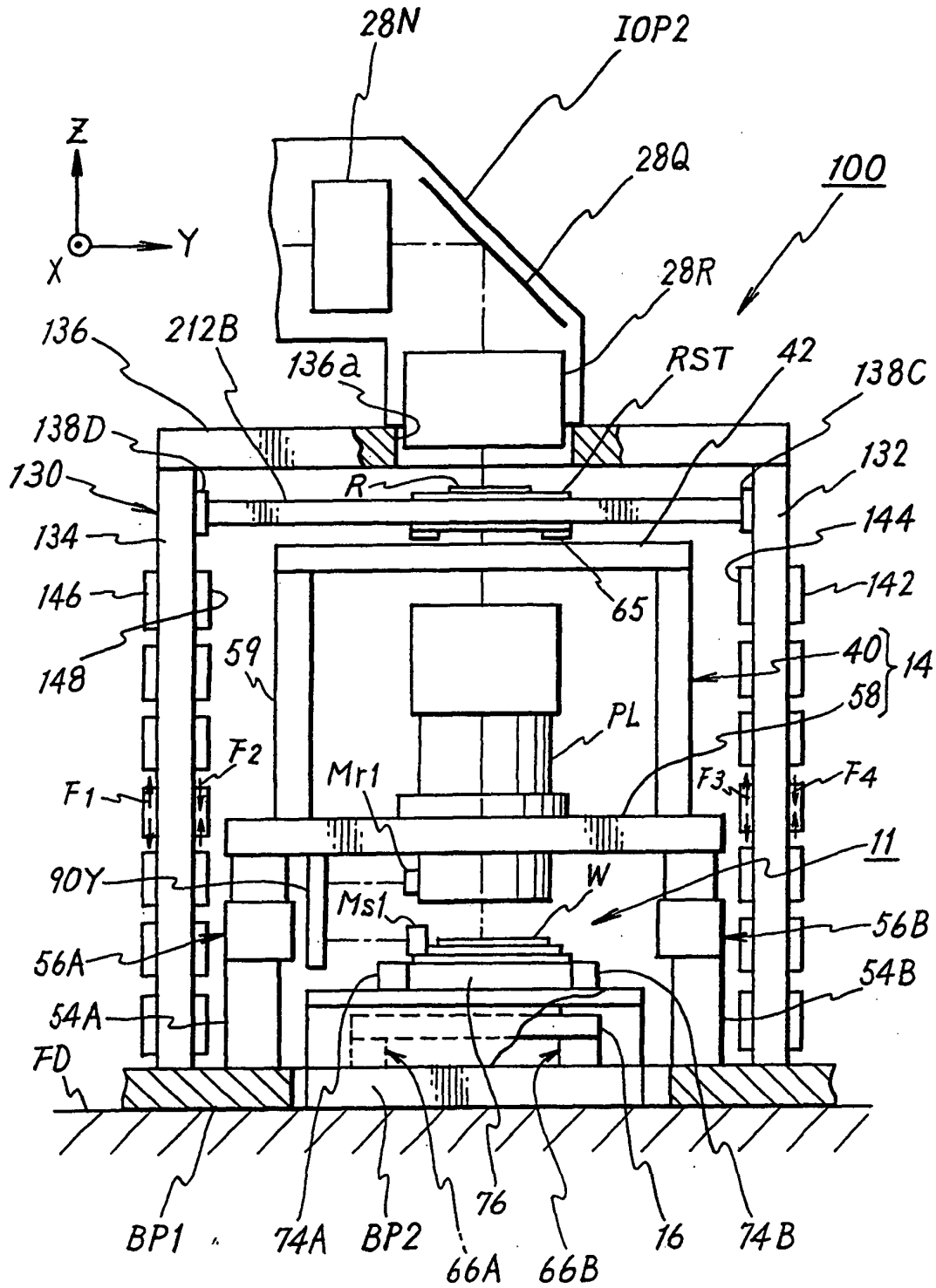
【图4】



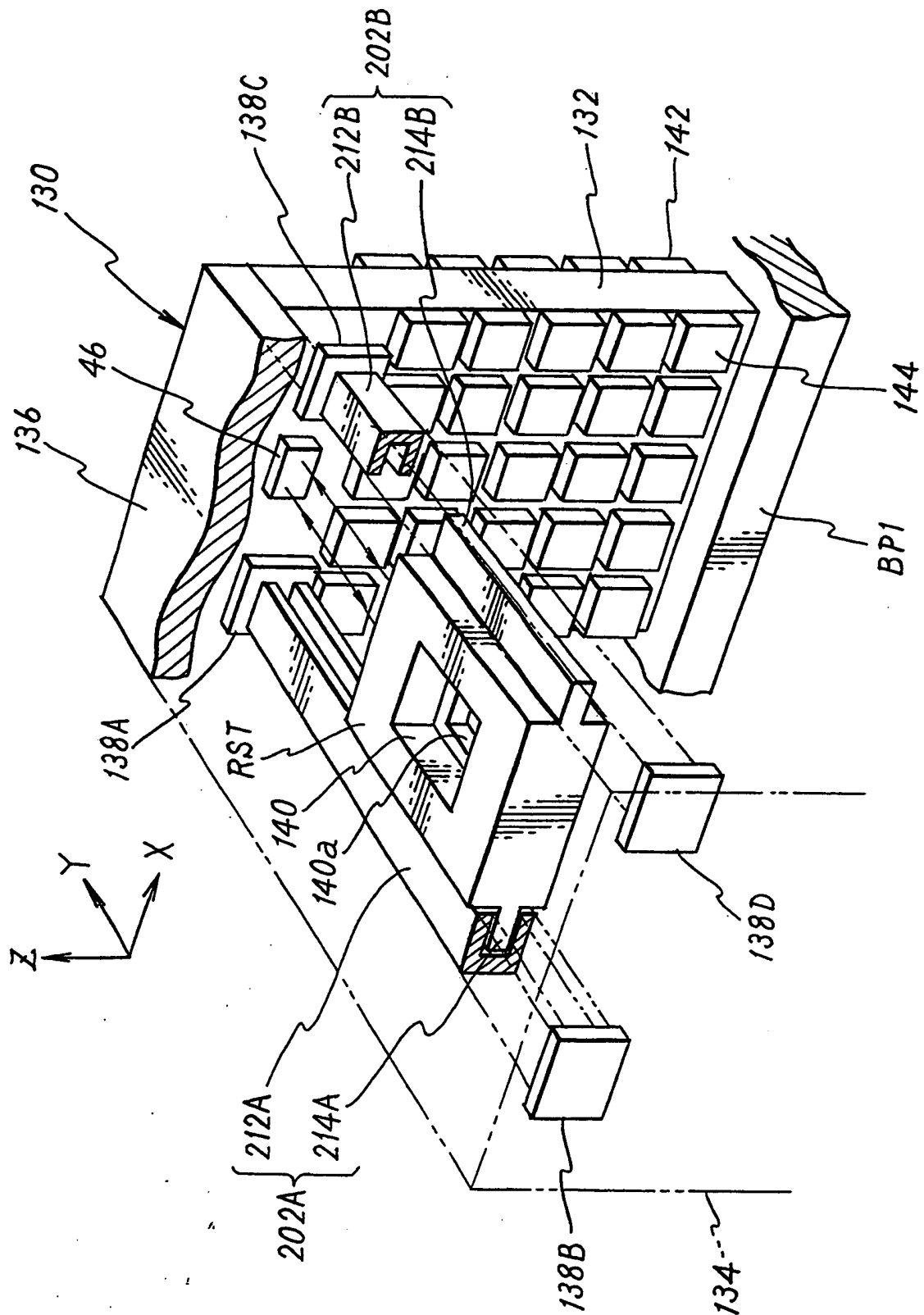
【图5】



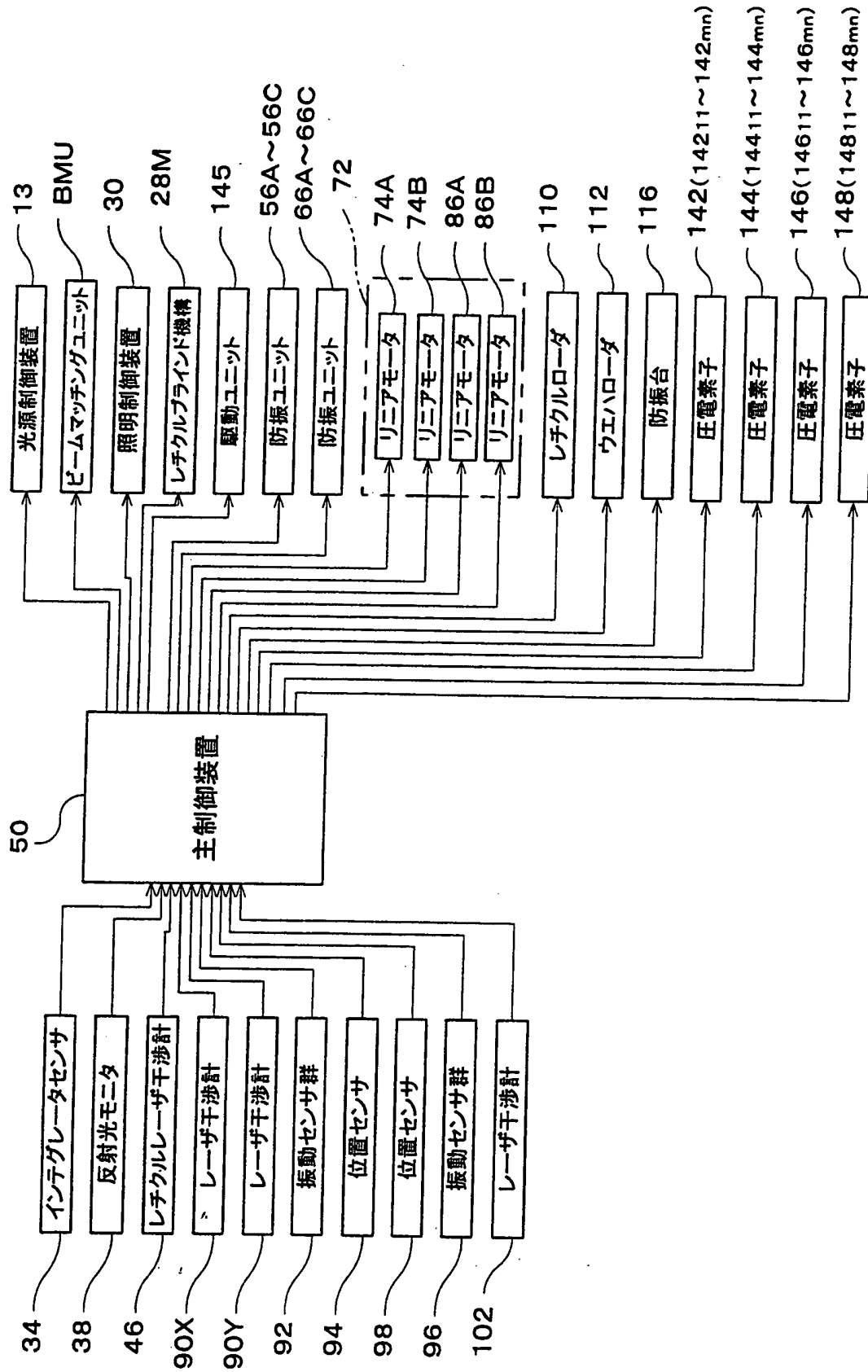
【图6】



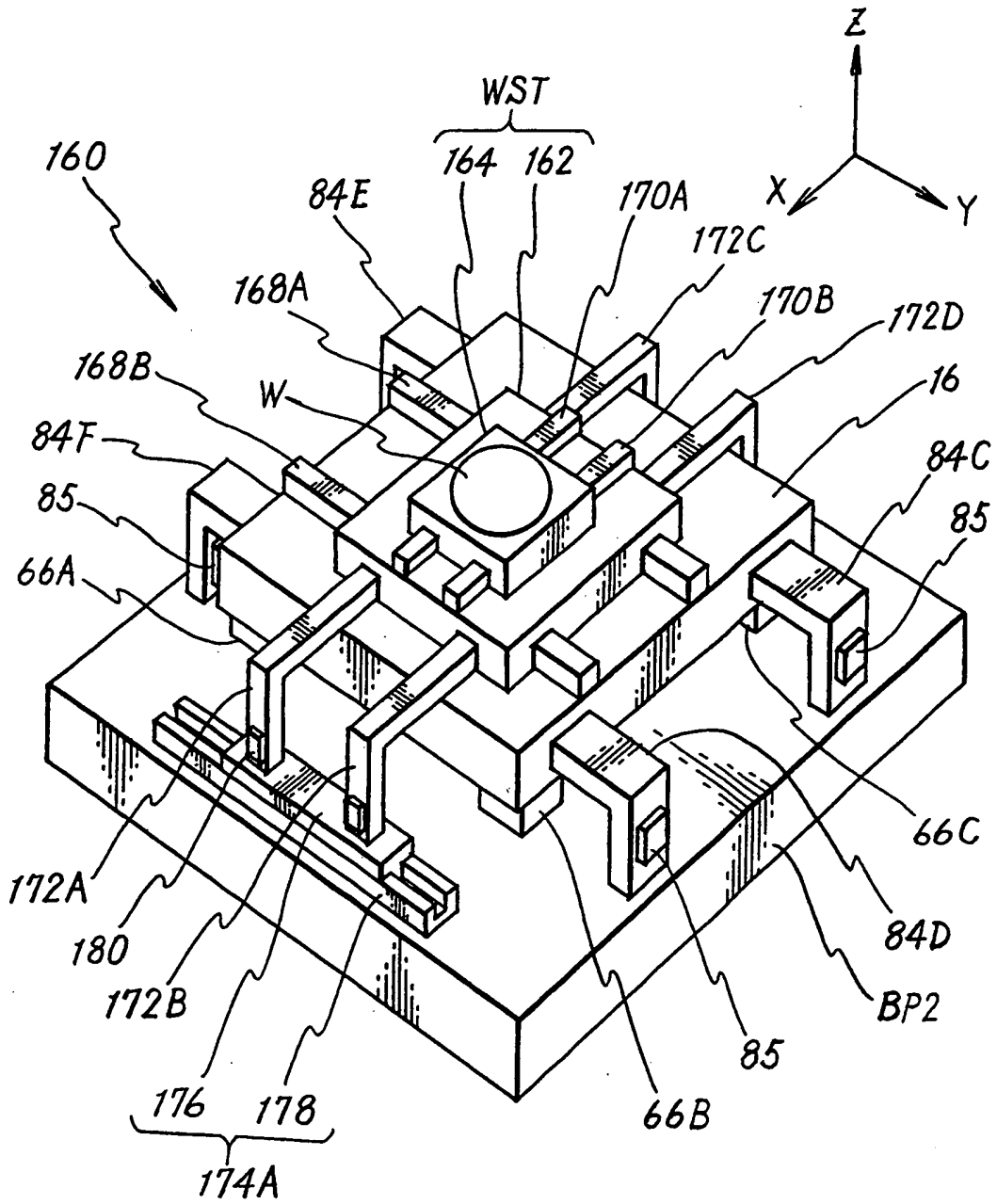
【图 7】



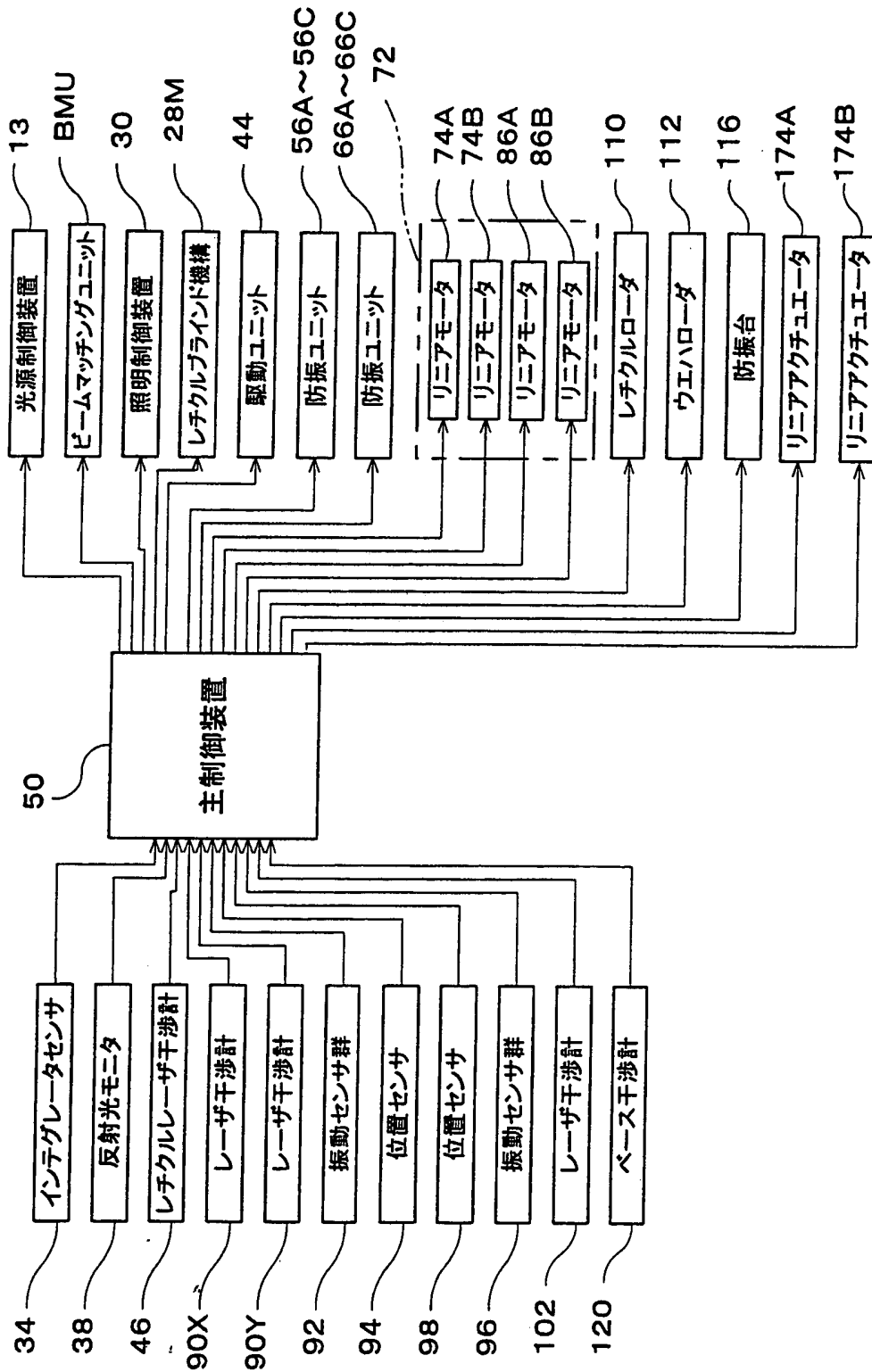
【図8】



【图9】



【図10】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 装置各部の振動が露光精度に与える影響を軽減する。

【解決手段】 投影光学系 P L を保持する鏡筒定盤 58 と、ステージ W S T を駆動する駆動機構（86 A、86 B）と、定盤 58 とは非接触でステージ W S T の駆動により生じる反力が伝達されるフレーム（84 A、84 B）と、フレームに設けられた減衰部材 85 とを備える。このため、基板ステージ W S T の駆動により生じる反力に起因して生ずるフレーム（84 A、84 B）の振動及び反力は減衰部材 85 によって減衰された状態で大地（設置床）に伝達され、大地から鏡筒定盤 58 へ伝達される力を効果的に低減させることができる。また、フレームと鏡筒定盤 58 とは振動に関して独立しているので、上記反力やこれに起因するフレームの振動によって投影光学系 P L は直接的な影響を受けない。従って、装置各部の振動が露光精度に与える影響が軽減される。

【選択図】 図 2

【書類名】 職権訂正データ
【訂正書類】 特許願

<認定情報・付加情報>

【提出日】 平成10年10月28日

【特許出願人】

【識別番号】 000004112

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

【氏名又は名称】 株式会社ニコン

【代理人】 申請人

【識別番号】 100102901

【住所又は居所】 東京都新宿区新宿5-1-15 新宿MMビル 立
石・川北国際特許事務所

【氏名又は名称】 立石 篤司

【代理人】

【識別番号】 100099793

【住所又は居所】 東京都新宿区新宿5-1-15 新宿MMビル 立
石・川北国際特許事務所

【氏名又は名称】 川北 喜十郎

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000004112]

1. 変更年月日 1990年 8月29日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号
氏 名 株式会社ニコン